AGNES BESS d'ALCANTARA E AMARAL

**O impacto da insuficiência no fornecimento de energia elétrica nas
empresas brasileiras do setor de telecomunicações**

SÃO PAULO

2017

AGNES BESS d'ALCANTARA E AMARAL

**O impacto da insuficiência no fornecimento de energia elétrica nas
empresas brasileiras do setor de telecomunicações**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Erik Eduardo Rego

SÃO PAULO

2017

AGNES BESS d'ALCANTARA E AMARAL

**O impacto da insuficiência no fornecimento de energia elétrica nas
empresas brasileiras do setor de telecomunicações**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Engenharia de
Produção

Orientador: Prof. Dr. Erik Eduardo Rego

SÃO PAULO

2017

Catálogo-na-publicação

Amaral, Agnes Bess d'Alcantara e

O impacto da insuficiência no fornecimento de energia elétrica nas empresas brasileiras do setor de telecomunicações / A. B. D. Amaral -- São Paulo, 2017.

103 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Custo do déficit 2.Energia elétrica 3.Planejamento energético 4.Custo do racionamento 5.Telecomunicações I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador Erik Eduardo Rego pelo incentivo a estudar o tema energia e pelo direcionamento e apoio durante todo o período do mestrado.

Ao meu marido Marcelo. Sem seu apoio incondicional e suporte nos longos períodos de ausência este trabalho não seria possível. E muito obrigada também pelas revisões do texto.

À Ada Sofia pela compreensão nas ausências da mamãe. Nesse período não pude estar perto em alguns momentos importantes da sua vida.

Aos meus pais, agora não mais presentes aqui na terra. Sou para sempre grata pela educação que recebi, pelo valor e incentivo aos estudos que me foram ensinados desde a infância.

Aos profissionais das empresas que participaram da pesquisa, muito obrigada por reconhecerem a relevância do tema, dispenderem o tempo necessário nas entrevistas e por disporem das informações solicitadas. Muito obrigada ainda à Gina, Ângela e Chaelly pelo ajuda nos contatos, agendamentos e estrutura para as reuniões.

À CAPES, pelo apoio financeiro na forma de bolsa de estudos.

Acima de tudo, a Deus, porque dele, por ele e para ele são todas as coisas.

RESUMO

O sistema elétrico brasileiro utiliza o custo do déficit como parâmetro no seu planejamento da expansão e operação para indicar o custo econômico da escassez de energia elétrica para a sociedade. Para o desenvolvimento de um método confiável de cálculo deste parâmetro, é importante compreender a dependência do suprimento de energia nos diversos setores econômicos. Este trabalho apresenta e discute a percepção das empresas do setor de telecomunicações dos impactos resultantes de restrições no fornecimento de energia elétrica. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: revisão da literatura referente aos métodos utilizados para o cálculo do custo do déficit no modelo brasileiro e na experiência internacional e, em seguida, pesquisa empírica com realização de estudos de casos em duas empresas de telecomunicações. As informações obtidas mostram que, no setor de serviços de telecomunicações, qualquer nível de interrupção ou restrição de energia tem impacto econômico para as empresas. Tendo em vista o caráter de serviço essencial para a população, as empresas investem em estruturas de contingenciamento que mitigam os riscos em caso de pequenas restrições ou interrupções curtas de energia. Indisponibilidade de energia acima da capacidade de contingenciamento prevista pelas empresas requer investimentos adicionais e implica em aumento dos custos operacionais para redução dos riscos de falhas na prestação dos serviços e suas consequentes sanções regulatórias. Em relação aos métodos para o cálculo do custo do déficit, concluiu-se que, baseado nas análises dos casos estudados, no perfil de consumo de energia e nas características de negócio do setor de telecomunicações, para pesquisas diretas ao consumidor, o método de preferência revelada é o mais adequado para este setor econômico e possivelmente outros com as mesmas características. Neste método o custo da insuficiência de energia é inferido através das decisões de investimento feitas pelo consumidor em equipamentos de contingência, tais como geradores de reserva.

Palavras-chave: Custo do déficit. Energia elétrica. Planejamento energético. Custo do racionamento. Telecomunicações.

ABSTRACT

The Brazilian electricity system uses the deficit cost as a parameter in its planning processes to indicate the economic cost for the society of electricity shortages. In developing a reliable method of calculating this parameter, it is important to understand the dependence of different economic sectors on the energy supply. This work presents and discusses the telecommunication companies' perception of the impacts resulting from restrictions to the power supply. It was developed in two stages: a literature review on the methods used to calculate the deficit cost in Brazil and other countries, followed by an empirical research with case studies in two telecommunication companies. The research showed that for the telecommunication service providers, any level of power interruption or restriction has an economic impact. In view of the essential nature of the service to the population, companies invest in contingency structures to mitigate the risks for small power restrictions and short interruptions. Providing mitigation measures for larger levels of power shortage would require additional investments and result in higher operational costs, in order to decrease the risk of service interruption and consequent regulatory sanctions. Regarding the deficit cost calculation method, it is shown, based on the case studies analysis, the power consumption profile, and the business characteristics, that for consumer surveys, the revealed preference method is most suitable for the telecommunications economic sector, and possibly for other similar ones. In this method, the power shortage cost is inferred from the investment decisions made by the company in power contingency equipment, such as backup generators.

Keywords: Deficit cost. Energy Economics. Power system planning. Value of lost load. Electricity rationing cost. Telecommunications.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz de capacidade instalada de geração elétrica do Brasil sem importação contratada – Dez 2016	13
Figura 2 - Geração de eletricidade por fonte - cenário mundial 2012	15
Figura 3 - Sistema Interligado Nacional - SIN	16
Figura 4 - Consumo de eletricidade por subsistema regional	17
Figura 5 - Consumo nacional de energia elétrica por classe 1995-2015	17
Figura 6 - Consumo mundial de energia elétrica	18
Figura 7 - Custo Marginal de Operação 2014-2016, para os submercados SE/CO, S e NE	24
Figura 8 - Evolução dos investimentos em serviços de telecomunicações fixo e móvel 2000/2015.....	29
Figura 9 - Composição da receita bruta do setor de telecomunicações (R\$ bilhões)- 2015	33
Figura 10 - Esquema ilustrativo de uma prestadora de serviços de telecomunicações	36
Figura 11 - Fluxograma das etapas de estudo de casos	39
Figura 12 - Consumo de energia por tipo de unidade consumidora na Empresa B .	73
Figura 13 - Receita bruta dos serviços de telecomunicações em relação ao PIB	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadro comparativo entre os ambientes de comercialização de energia	20
Tabela 2 - Curva do Custo do Déficit vigente em 2017.....	23
Tabela 3 - Total de celulares em serviço por operadora - 2015.....	31
Tabela 4 - Indicadores dos serviços de telecomunicações - 2015.....	32
Tabela 5 - Consumidores livres e especiais com maior consumo na CCEE	35
Tabela 6 – Matriz de Amarração Metodológica.....	42
Tabela 7 - Estudos aplicados de VoLL.....	57
Tabela 8 - Participação das empresas A e B no setor de Serviços de Telecomunicações - 2015.....	82

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO:	10
2	O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO E O CUSTO DO DÉFICT	13
2.1	A matriz de geração de energia elétrica	13
2.2	Consumo de energia elétrica no SIN	17
2.3	A comercialização de energia elétrica no Brasil	19
2.4	O custo do déficit	20
2.5	Considerações sobre o capítulo	25
3	O SETOR DE TELECOMUNICAÇÕES NO BRASIL	27
3.1	Estrutura do setor de telecomunicações brasileiro	27
3.2	Importância do setor de telecomunicações na economia brasileira	32
3.3	Uso de energia elétrica no setor de telecomunicações	33
3.4	Considerações sobre o capítulo	36
4	MÉTODO	39
4.1	Aspectos gerais	39
4.2	Consistência metodológica do questionário desenvolvido como instrumento de coleta de dados para a questão de pesquisa proposta	41
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	44
5.1	VoLL – Value of lost load	46
5.2	Métodos para o cálculo do VoLL	47
5.2.1	Métodos analíticos	48
5.2.2	Estudos de Casos	50
5.2.3	Pesquisa com consumidores (<i>customer surveys</i>):	51
5.3	Estudos aplicados do VoLL	56
5.4	Visão comparativa entre dois estudos aplicados	58
6	LEVANTAMENTO E DESCRIÇÃO DOS DADOS	61

6.1	Empresa A.....	61
6.1.1	Perfil da empresa.....	61
6.1.2	Perfil do consumo de energia elétrica	61
6.1.3	Utilização da energia elétrica na cadeia de produção da empresa	62
6.1.4	Impactos da interrupção no fornecimento de energia ou racionamento compulsório na prestação do serviço	63
6.1.5	Instrumentos e custos da proteção e contingenciamento para prevenção e mitigação de riscos por interrupções ou racionamento de energia.....	65
6.1.6	Impactos percebidos pela empresa relacionados à crise hídrica de 2014/2015 e medidas para mitigá-los	66
6.1.7	Iniciativas de autoprodução de energia elétrica	66
6.1.8	Iniciativas de eficiência energética	68
6.1.9	Cenário de maior severidade para a empresa: reduções menores por um período mais longo ou mais profundos por curto período de tempo.....	70
6.1.10	Disposição a pagar sobrepreço para evitar um racionamento de energia....	71
6.2	Empresa B	71
6.2.1	Perfil da empresa.....	71
6.2.2	Perfil do consumo de energia elétrica	71
6.2.3	Utilização da energia elétrica na cadeia de produção da empresa	72
6.2.4	Impactos da interrupção no fornecimento de energia ou racionamento compulsório na prestação do serviço	73
6.2.5	Instrumentos e custos da proteção e contingenciamento para prevenção e mitigação de riscos por interrupções ou racionamento de energia.....	73
6.2.6	Impactos percebidos pela empresa relacionados à crise hídrica de 2014/2015 e medidas para mitigá-los	75
6.2.7	Iniciativas de autoprodução de energia elétrica	76
6.2.8	Iniciativas de eficiência energética	77

6.2.9	Cenário de maior severidade para a empresa: reduções menores por um período mais longo ou mais profundos por curto período de tempo.....	77
6.2.10	Disposição a pagar sobre preço para evitar um racionamento de energia ...	79
6.3	Considerações das empresas A e B sobre as agências reguladoras	79
7	ANÁLISE DOS RESULTADOS	81
7.1	Análise de impactos nas empresas pesquisadas.....	81
7.2	O que pode ser estendido para o setor de serviços de telecomunicações em geral a partir das evidências apresentadas pelas empresas pesquisadas.	82
7.3	Resposta ao questionário enviado	85
7.4	Considerações sobre os métodos para o cálculo do custo do déficit.....	86
8	Conclusão.....	90
	REFERÊNCIAS.....	94
	APÊNDICE A - PROTOCOLO E ROTEIRO DAS ENTREVISTAS	99
	APÊNDICE B – MODELO DO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA.....	101

1 INTRODUÇÃO:

Planejar o atendimento às necessidades de suprimento de energia elétrica é um dos fatores fundamentais para o desenvolvimento econômico e social de um país. Nesse processo, dimensionar adequadamente a oferta e demanda são fatores primordiais para o setor elétrico.

Conhecer as características específicas dos setores econômicos do País e como o fornecimento confiável de energia, ou a falta dele, impacta nos processos produtivos de cada setor, acrescenta ferramentas valiosas não apenas ao planejamento da expansão a longo prazo mas também à entrega eficiente da energia produzida. Talvez ainda mais importante, este conhecimento permite a gestão otimizada do suprimento disponível em eventuais períodos de escassez. Semelhantemente, isto se aplica ao setor residencial e às necessidades de bem-estar da população.

O custo do déficit (CD) é utilizado como parâmetro no setor elétrico brasileiro para indicar o custo econômico da escassez ou da falta de disponibilidade de energia elétrica em seus processos de planejamento da expansão e operação do sistema. No entanto, o método utilizado para o cálculo deste parâmetro está desatualizado. Em face à crise hídrica que acometeu o Brasil nos anos 2013 a 2015, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) republicou em setembro de 2014 a chamada para projeto P&D Estratégico nº 002/2008 – “Metodologia de Elaboração da Função de Custo do Déficit”, com o objetivo de “desenvolver uma metodologia para elaboração da Função de Custo do Déficit de energia elétrica que melhor represente o prejuízo incorrido pela sociedade na ocorrência de um racionamento de energia elétrica e, conseqüentemente, conduza à sinalização mais eficiente para o planejamento da expansão estrutural da geração e da transmissão no Sistema Integrado Nacional (SIN)”.

Autores que publicaram estudos sobre o tema salientam que para o desenvolvimento de um novo método é importante explorar as metodologias indicadas nos diversos setores econômicos. Para compreender a dependência do suprimento de energia é necessário obter informação dos próprios clientes (BILLINTON; TOLLEFSON; WACKER, 1993). Pesquisadores indicam ainda que os

estudos não devem limitar-se apenas a uma abordagem, mas utilizar modelos híbridos, com técnicas variadas que foram desenvolvidas (SANGHVI, 1982). A intenção é enriquecer a informação à disposição os planejadores do setor (CAVES et al., 1992).

Com isto, pode-se assumir que é estratégico para o sistema elétrico brasileiro quantificar o impacto econômico das restrições no fornecimento de energia elétrica para os consumidores, nos diferentes setores econômicos. O modelo utilizado no cenário atual não espelha a realidade do mercado brasileiro consumidor de energia elétrica. Admite-se que para cada setor da economia há um custo de déficit próprio, surgindo assim esta linha de pesquisa: avaliar o modelo conceitual aplicado a um setor da economia, para o estudo do custo percebido pelo cliente quando a demanda de energia elétrica não é atendida. À luz dessas considerações este estudo propõe-se a responder à seguinte questão de pesquisa:

Para quais níveis de restrições de fornecimento de energia elétrica no setor de telecomunicações o resultado econômico da empresa é afetado?

A condução do trabalho foi orientada pela seguinte hipótese de pesquisa: Pequenas restrições podem ser gerenciadas, porém a partir de uma certa profundidade e tempo elas passam a impactar o resultado econômico da empresa por elevar os custos ou restringir a operação.

Na revisão empreendida da literatura foram encontrados estudos propondo modelos teóricos e aplicações práticas que, quando adequadas às características nacionais, podem servir de referência e contribuir para discussão do tema de interesse, levando à definição do objetivo geral do trabalho e dos objetivos específicos para o trabalho de campo. Este trabalho tem como objetivo principal:

Apresentar e discutir a percepção de duas empresas do setor de telecomunicações dos impactos decorrentes de eventuais restrições no fornecimento de energia elétrica.

Conectados ao objetivo principal definido, foram desdobrados alguns objetivos específicos para este estudo:

- Avaliar, em relação à profundidade e tempo de duração do racionamento, a disposição destes consumidores a assumirem um acréscimo no custo, a fim de não sofrerem restrições no fornecimento de energia.
- Identificar ações adotadas pelos consumidores como medidas de prevenção às restrições no fornecimento de energia, bem como reações à elevação nos preços de fornecimento.
- Mapear as relações entre o perfil dos consumidores pesquisados, os impactos percebidos e ações adotadas face às políticas governamentais de restrição e aumento de preços no fornecimento de energia elétrica.
- Aprofundar e atualizar a pesquisa bibliográfica sobre custo do déficit e a diferença entre o tratamento dado no Brasil e em países não dependentes de fontes renováveis.

A dissertação está estruturada em 8 capítulos. Os capítulos 2 e 3 descrevem os setores brasileiros objeto deste estudo. O capítulo 2 apresenta o setor elétrico brasileiro com ênfase nos fatores que tornam o CD um parâmetro com aspectos característicos para o Brasil. O histórico e detalhes sobre este parâmetro são apresentados ao fim do capítulo. O capítulo 3 apresenta o setor de telecomunicações brasileiro, especificamente as empresas de serviços de telecomunicações e sua importância na economia e bem-estar nacional. O capítulo 4 traz a revisão bibliográfica dos métodos para cálculo do custo do déficit. O capítulo 5 apresenta o método utilizado para a condução do estudo. No capítulo 6 estão descritas as entrevistas realizadas e os dados levantados na pesquisa de campo. A análise das informações levantadas em função dos objetivos propostos neste trabalho compõe o capítulo 7. O capítulo 8 conclui o estudo, apresenta as limitações do trabalho e sugere estudos adicionais a serem desenvolvidos no futuro.

2 O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO E O CUSTO DO DÉFICT

Este capítulo apresenta o setor elétrico brasileiro e as principais estruturas relacionadas à oferta e à demanda de energia elétrica. A última seção conceitua e traz um histórico do desenvolvimento do modelo de cálculo do custo do déficit no setor elétrico. Esses tópicos emolduram o ambiente de um dos lados da questão que é objeto deste trabalho.

2.1 A matriz de geração de energia elétrica

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é baseado num sistema hidrotérmico de grande porte, estruturado com base em usinas hidroelétricas, aproveitando a estrutura geológica do País, com grandes rios de planalto, abastecidos por chuvas tropicais. A matriz de capacidade instalada vem se diversificando, mas tem ainda a fonte hidráulica participando com mais de 64%, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Matriz de capacidade instalada de geração elétrica do Brasil sem importação contratada – Dez 2016

Fonte: MME - Boletim mensal de monitoramento do sistema elétrico brasileiro (dez 2016)

As plantas hidrelétricas brasileiras contam com reservatórios com grande capacidade de armazenamento que funcionam em esquema plurianuais. Os reservatórios hídricos brasileiros podem armazenar até metade do consumo anual

de energia elétrica no Brasil. No entanto, essa predominância acentuada da geração hídrica é acompanhada de uma vulnerabilidade ao clima. Nos anos de 2014 e 2015, a baixa hidrologia por um período prolongado exigiu que o sistema dependesse fortemente da geração termoelétrica, tornando o custo de geração muito caro.

Outras fontes renováveis veem diversificando a matriz de energia elétrica brasileira, conforme indica a Figura 1. A biomassa representa 9,4% da capacidade total instalada em dezembro de 2016, sendo a maior parte corresponde a centrais de cogeração em usinas de açúcar e álcool que utilizam bagaço de cana como combustível. Já a energia eólica representa 6,7% da capacidade total, com tendência de aumento na participação, pois já há contratados projetos que elevarão a capacidade para 18 GW até 2019 (ABEEÓLICA, 2015). Com isso, as fontes renováveis representam 80,5% da matriz de eletricidade.

O gás natural é o combustível fóssil mais importante, com 8,6% da capacidade total instalada; já os derivados de petróleo e carvão representam apenas 9,3% da capacidade de geração, e as duas usinas nucleares são responsáveis por 1,3% da matriz.

Este perfil da matriz brasileira de geração elétrica difere significativamente do restante do mundo, como demonstra a Figura 2, no qual os combustíveis fósseis somavam, em dezembro de 2012, 68% das fontes geradoras de energia elétrica, enquanto que apenas 16% eram oriundos de fontes hidroelétricas. O relatório *World Energy Outlook 2014* (IEA, 2014) indica que o portfólio de geração de energia elétrica está mudando de maneiras diferentes ao redor do mundo. Em alguns países, as energias renováveis estão crescendo de forma rápida, com suporte governamental. Por outro lado, a maioria das economias emergentes ainda dependem fortemente dos combustíveis fósseis; no caso da China, Índia e em alguns outros países, o carvão é o combustível dominante, embora fontes de energia renováveis comecem a apresentar papel significativo em alguns deles.

Figura 2 - Geração de eletricidade por fonte - cenário mundial 2012

Fonte: Elaboração própria com dados de World Energy Outlook 2014 - IEA

O Sistema Interligado Nacional (SIN), que abrange as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte, fornece 98,3% do total da energia elétrica consumida no país. Apenas pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica, estão fora do sistema interligado (ONS, 2017). A operação do SIN é feita de forma centralizada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A Figura 3 ilustra a área do SIN e suas principais linhas de transmissão que interligam as regiões participantes. Os estados na cor branca (AM, RR, AP) possuem áreas isoladas – não participantes do SIN.

Figura 3 - Sistema Interligado Nacional - SIN

Fonte: (ONS, 2016)

Embora interligado e com 133.591 km de linhas de transmissão instaladas (MME, 2016) há restrições de transmissão entre as regiões. Por isso, o sistema nacional é dividido em quatro subsistemas: Sul, Sudeste / Centro-Oeste, Norte e Nordeste. O submercado Sudeste / Centro-Oeste é o mais importante, uma vez que é responsável por 58% do consumo total de eletricidade do Brasil, conforme indica a Figura 4.

A interligação é motivada historicamente a explorar o potencial hidrelétrico localizado longe dos centros de consumo e aproveitar as complementaridades entre as hidrologias regionais. Assim, se há uma seca em uma região, a geração hidrelétrica nas outras regiões pode compensá-la. O sistema interligado permite o funcionamento de um mercado atacadista de eletricidade integrado no Brasil. Como muitas plantas compartilham a mesma bacia hidrográfica, a maioria das decisões são interdependentes (ROSA et al., 2013).

Figura 4 - Consumo de eletricidade por subsistema regional

Fonte: Elaboração própria com dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015 - EPE / MME

2.2 Consumo de energia elétrica no SIN

Nos últimos 20 anos, até 2015, o consumo brasileiro de energia elétrica cresceu à taxa média de 3,6% ao ano, conforme indica a Figura 5, a qual apresenta o crescimento do consumo nacional segmentados pelos seus principais setores (industrial, residencial, comercial, outros), assim como o dado consolidado

Figura 5 - Consumo nacional de energia elétrica por classe 1995-2015

Fonte: Elaboração própria com dados da EPE / MME

Segundo os dados do Anuário Estatístico do Setor Elétrico 2015, com os dados de 2014 EPE / MME (2015), o consumo per capita de energia elétrica no Brasil foi de 2.630 kWh/hab. Em termos mundiais, com dados do Banco Mundial referentes ao ano de 2011, o Brasil fica no segundo quartil no mapa de consumo mundial de energia elétrica. O consumo entre o terceiro e quarto quartis foi de 5.700 kWh/hab naquele ano, como indica a Figura 6. Este cenário indica que, passado o contexto atual de retração do consumo causada pela recessão econômica, é possível esperar crescimento contínuo nos próximos anos no consumo de energia elétrica, criando necessidade de expansão da capacidade de geração.

Figura 6 - Consumo mundial de energia elétrica

Fonte: Dados do Banco Mundial (2012)

Este quadro do sistema elétrico do Brasil, com dimensões continentais, predominância de geração hidroelétrica e sua malha de interligação, não permitem que se trate o modelo brasileiro de forma semelhante a de outros países, sendo necessário analisar criteriosamente quais conceitos e aplicações internacionais são válidas neste País.

2.3 A comercialização de energia elétrica no Brasil

A comercialização de energia no Brasil é realizada em dois ambientes de negociação: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR) onde participam os geradores e as concessionárias distribuidoras de energia e o Ambiente de Contratação Livre (ACL) com os geradores, concessionárias distribuidoras, comercializadores, importadores e exportadores, consumidores livres e consumidores especiais.

No ACR a energia é comercializada através de leilões realizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), onde busca-se o menor preço para a energia elétrica. Todas as empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica do SIN com mais de 500 GWh/ano de mercado de consumo são compradores nos leilões do ACR. As fontes geradoras de energia que participarão de cada leilão são identificadas pela empresa de pesquisa energética (EPE) de forma a otimizar os custos de geração e transmissão bem como atender à demanda prevista pelo mercado consumidor. A compra e venda de energia é formalizada por meio de contratos bilaterais que são regulados pela ANEEL e mediados pela CCEE.

Os segmentos residencial, comercial, poderes públicos, rural e uma parte das indústrias são consumidores finais do ACR. As empresas geradoras podem participar dos dois ambientes de comercialização.

No ACL ou mercado livre a compra e venda de energia elétrica realiza-se por meio de contratos bilaterais com negociação livre dos volumes, preços e condições, entre geradores, comercializadores, importadores e exportadores de energia e os consumidores livres e especiais.

Consumidores livres são aqueles que exerceram a opção de compra no mercado livre conforme a legislação vigente e possuem demanda mínima de energia de 3MW. Entre eles participam os segmentos industriais eletro-intensivos, além de grandes plantas industriais como a automobilística, alimentícia, siderúrgica e química.

Consumidores especiais são aqueles com demanda 500 kW e 3MW, que têm o direito de adquirir energia de qualquer fornecedor, desde que a energia adquirida

seja oriunda de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) ou de fontes incentivadas especiais (eólica, biomassa ou solar).

A Tabela 1 apresenta um quadro resumo dos participantes, tipos de contratos e formas de contratação do ACL e ACR. Todos os contratos de compra e venda de energia, tanto no ACR como no ACL, devem ser registrados na CCEE. As diferenças entre os montantes contratados de geração e consumo e o que efetivamente foi realizado, são medidas e contabilizadas pela CCEE. Esses valores são liquidados ao preço de liquidação das diferenças (PLD) no mercado de curto prazo.

Tabela 1 - Quadro comparativo entre os ambientes de comercialização de energia

	Ambiente Livre	Ambiente Regulado
Participantes	Geradoras, comercializadoras, consumidores livres e especiais	Geradoras, distribuidoras e comercializadoras. As comercializadoras podem negociar energia somente nos leilões de energia existente – (Ajuste e A-1)
Contratação	Livre negociação entre os compradores e vendedores	Realizada por meio de leilões de energia promovidos pela CCEE, sob delegação da ANEEL
Tipo de contrato	Acordo livremente estabelecido entre as partes	Regulado pela ANEEL, denominado Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR)
Preço	Acordado entre comprador e vendedor	Estabelecido no leilão

Fonte: CCEE

2.4 O custo do déficit

O custo marginal do déficit de energia elétrica é definido como a perda econômica que ocorre num país em virtude de restrição ou redução de 1 MWh no fornecimento de eletricidade (VASCONCELOS; CARPIO, 2015). Este custo é mais elevado para déficit mais profundos. O CD, na prática, deve retratar o quanto custa para a sociedade a insuficiência de oferta de energia elétrica. Neste sentido, o impacto do custo da energia no Produto Interno Bruto (PIB) é considerado como

uma das formas mais consistentes de valorização da importância econômica da energia elétrica para a sociedade (Nota Técnica ANEEL, nº 118/2003-SEM/ANEEL, 2003).

No sistema elétrico brasileiro o CD é utilizado para o planejamento da expansão do sistema, e se torna extremamente relevante com a identificação da oferta e oportunidades de expansão da geração em horizonte de tempo que permita a construção de infraestrutura necessária para atender ao crescimento econômico. Um dos parâmetros críticos nesse processo é a definição e quantificação do custo de eventual falta ou restrição do uso da energia elétrica durante um período de tempo. Os processos de planejamento da expansão são feitos com auxílio de ferramentas de simulação que buscam localizar e mensurar a demanda energética futura, bem como o ajuste dos cronogramas de entrada de operação de geração, entre outros. Tais ajustes são realizados seguindo critérios que visam principalmente à continuidade do suprimento e à minimização de custos de produção e operação.

No modelo brasileiro o CD é também fundamental para o planejamento da operação do SIN. Como a matriz brasileira é predominantemente hidráulica com reservatórios reguladores, são estimados com referência no CD valores de penalização do esvaziamento de reservatórios para evitar quedas de energia futuras. Em condições hidrológicas desfavoráveis, torna-se determinante na formação dos Custos Marginais de Operação (CMO) e consequentemente do preço de liquidação das diferenças (PLD), pois constitui-se num sinalizador para a decisão de interligação de usinas termoeletricas (UTES) (DUTRA; GONÇALVES; SANCHES, 2014). O Decreto no 2.655, de 2 de julho de 1998, estabelece que o CD deve ser levado em consideração para a determinação dos preços do mercado de curto prazo (ANEEL, 2003).

A função de CD utilizada atualmente foi definida pela Resolução GCE (Câmara de Gestão da Crise de Energia) nº 109, de 24 de janeiro de 2002, com base nas informações da Matriz Insumo-Produto (MIP), publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 1996. A metodologia utilizada para o cálculo busca valorar a perda econômica decorrente do contingenciamento do consumo de energia elétrica por meio da avaliação da elasticidade do PIB com relação ao consumo de energia elétrica.

Diversos trabalhos foram executados no Brasil pelo extinto órgão de planejamento da expansão do setor - Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS), principalmente no final da década de 80, com o objetivo de efetuar uma avaliação do custo explícito do déficit, a partir da utilização dos dados das contas nacionais e do consumo industrial de energia elétrica, em conjunto com as matrizes insumo-produto, disponíveis à época. O grupo de trabalho utilizou metodologia que emprega os chamados custos marginais setoriais, que, dada uma função de produção, permitem determinar as perdas marginais do PIB brasileiro por restrição de suprimento de energia elétrica em cada setor da economia. Os custos foram obtidos com dados da MIP e com o emprego de técnicas de análise de regressão envolvendo taxas de variação do PIB, das produções setoriais e dos consumos setoriais de energia elétrica (GCPS, 1988). Devido à não publicação das MIP nacionais atualizadas, foram utilizados, em 1988, os dados da matriz do ano de 1975 na definição da curva em patamares do custo marginal de déficit. O CEPEL (1998) atualizou os custos marginais de déficit para valores de 1996, considerando a variação da parcela de energia elétrica na composição do PIB, resultando na curva de custo marginal do déficit em quatro patamares, adotada no ciclo decenal de planejamento da expansão a partir de 1997, quantificada em US\$/MWh. A resolução nº. 109, de 24 de janeiro de 2002, da Câmara de Gestão da Crise de Energia (GCE), estabeleceu, em seu art. 6º, que até 31 de dezembro de 2002, ou até que a ANEEL definisse nova metodologia, a curva de Custo do Déficit de energia elétrica seria aquela função em quatro patamares adotada, desde 1997, nos estudos de planejamento da expansão dos sistemas elétricos do Ministério das Minas e Energia (MME).

A curva de custo marginal do déficit definida pela resolução GCE nº. 109/2002, foi obtida pela atualização cambial (US\$ 1,00 = R\$ 2,50) dos valores constantes do estudo do ciclo decenal de planejamento da expansão. Após a realização de Audiência Pública no final do ano de 2003, a ANEEL apresentou uma curva de custo marginal de déficit em quatro patamares, atualizada pela variação do IGP-DI entre novembro de 2001 e novembro de 2003, que deveria ser utilizada para a determinação dos preços do mercado de curto prazo entre a primeira e a última semana operativa de 2004 (LOUREIRO, 2009). Desde então, a Função de Custo do Déficit de energia elétrica tem sido corrigida pela ANEEL anualmente via resolução

homologatória pela variação do Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), conforme estabelecido pela Resolução ANEEL nº 682, de 23 de dezembro de 2003.

Na definição da curva do custo marginal do déficit assumiu-se que, para um mesmo nível de risco, quanto maior a profundidade do déficit maior o seu impacto sobre os setores produtivos. A curva construída apresenta quatro patamares de restrição no fornecimento de energia em relação à demanda: de 0 a 5%, entre 5 e 10%, entre 10 e 20% e maior do que 20%. O valor do custo marginal do déficit dentro de cada intervalo é o mesmo para todos os setores da economia. Os valores vigentes para o ano de 2017 da curva do CD, apresentados na Tabela 2 foram homologados pela ANEEL em 13/12/2016, através da Resolução Homologatória nº 2.190.

Tabela 2 - Curva do Custo do Déficit vigente em 2017

Patamares (% de Redução de Carga – RC)	Custo do Déficit (R\$/MWh) para 2017 Atualização pelo IGP-DI
0% < RC ≤ 5%	1.677,81
5% < RC ≤ 10%	3.619,59
10% < RC ≤ 20%	7.564,63
RC > 20%	8.595,40

Fonte: ANEEL (2016)

Isso significa que quando o CMO ultrapassa o primeiro patamar, é mais barato para o sistema racionar em 5% do que gerar energia elétrica. E assim sucessivamente para os demais patamares.

Nos anos de 2014 e 2015, por exemplo, o CMO ultrapassou o patamar do CD para redução de carga de 5%, conforme indica Figura 7, o que reforça a importância e atualidade do tema, pois emergiu a discussão quanto à necessidade de racionar energia elétrica nesses momentos.

Figura 7 - Custo Marginal de Operação 2014-2016, para os submercados SE/CO, S e NE

Fonte: ONS (2017)

O modelo para a estimativa da função de custo de déficit considera a relação entre o PIB, o consumo de energia elétrica e a elasticidade energética do PIB. Quando há aumento na atividade econômica, isso implica em elevação no consumo de eletricidade. Por outro lado, restrições no fornecimento de energia elétrica provocam redução no nível da atividade econômica. Logo, o valor econômico da energia não suprida deve refletir o impacto na economia do país (perda no PIB) em função do racionamento de energia elétrica. Para a determinação de tal relação, é essencial a existência de dados atualizados, sobretudo no que se refere à MIP para os diversos setores da economia. A dificuldade de obtenção de dados setoriais detalhados, já que a MIP brasileira não tem sofrido atualização rotineira, é certamente um dos maiores limitadores da utilização desta metodologia. Com a forma de atualização utilizada atualmente, pelo IGP-DI, fatores importantes como mudanças no setor elétrico, os efeitos do racionamento de energia elétrica de 2001/2002 e evoluções tecnológicas no processo produtivo e em equipamentos não são considerados. Também não levam em conta os impactos específicos das variações dos preços da energia elétrica.

Os valores do CD utilizados pelo setor elétrico provavelmente não guardam mais relação com a atual estrutura produtiva e econômica do País e os impactos socioeconômicos de uma eventual falta de energia elétrica, indicando a necessidade de se efetuar nova análise do custo marginal do déficit. Neste contexto, alguns trabalhos propõem modelos alternativos para o cálculo da curva do CD: Loureiro (2009), propôs um modelo que estima o CD para o setor elétrico brasileiro utilizando técnicas de regressão para a relação entre o consumo de energia e o PIB. Vasconcelos e Carpio (2015) apresentam metodologia para cálculo da curva do custo marginal do déficit, utilizando a MIP, e apresentam como resultado uma curva com 30 níveis de redução no fornecimento de energia elétrica, com 1% de variações entre eles. Carpio (2014) utiliza a relação de cointegração entre o PIB e o consumo de energia elétrica no Brasil, identificada através do estudo período entre 1952 e 2012, e apresenta método para modelar a curva de custo marginal do déficit também em 30 níveis.

A literatura internacional trata o CD com uma preocupação diferente da brasileira. Como visto no início deste trabalho, o Brasil apresenta forte dependência da fonte hidrelétrica, enquanto o padrão internacional é de dependência termelétrica. Isso faz com que o déficit brasileiro causado por escassez hidrológica possa ser profundo e longo, enquanto que no resto do mundo o déficit quando ocorre é geralmente por restrição momentânea da geração termelétrica. Por isso, ao se recorrer a literatura internacional, não se encontram referências que amparem o problema do déficit no Brasil. O valor correspondente ao CD, como abordado na literatura, é o *Value of Lost Load* (VoLL) e os estudos realizados devem ser adequados conceitualmente à realidade do modelo brasileiro.

2.5 Considerações sobre o capítulo

Diversos fatores tornam as características do sistema elétrico brasileiro peculiares em relação à maior parte dos demais países. A matriz de geração elétrica predominantemente hidráulica, a operação centralizada do sistema interligado nacional, que permite explorar as complementariedades entre períodos de seca e chuva nas diferentes regiões do País e a grande extensão das linhas de transmissão são alguns deles. Esses fatores se configuram em pontos positivos para a segurança energética nacional em alguns aspectos como a capacidade de

regulação dos reservatórios hídricos e o perfil predominante de fontes renováveis na matriz de geração.

Por outro lado, não ter estrutura e modelos semelhantes aos demais países requerem pesquisa e desenvolvimento de soluções para a modelagem do setor elétrico baseadas nas particularidades nacionais. Na maioria dos casos não será possível simplesmente “importar” um modelo que mostrou-se acertado na experiência de um outro país.

Para o desenvolvimento de uma nova metodologia para o cálculo do custo do déficit que reflita de forma consistente o conceito a que se propõe, os dois lados da questão devem ser estudados de forma abrangente e aprofundada: o fornecimento da energia elétrica, e os setores econômicos que a utilizam como insumo.

3 O SETOR DE TELECOMUNICAÇÕES NO BRASIL

O setor de telecomunicações brasileiro é apresentado neste capítulo. Os principais componentes do setor, sua representatividade na economia nacional e a importância do insumo energia elétrica nos processos e operação dos serviços de telecomunicações estão detalhados a seguir, com o propósito de permitir um melhor entendimento do ambiente onde o levantamento de campo foi realizado.

3.1 Estrutura do setor de telecomunicações brasileiro

No Cadastro Nacional de Atividades Econômicas – CNAE 2.0, utilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para classificação das atividades econômicas na Pesquisa Anual de Serviços (PAS), os serviços de telecomunicações estão inseridos no segmento de Serviços de Comunicação e Informação. Este segmento inclui, além dos serviços de telecomunicações, serviços de tecnologia da informação, serviços audiovisuais, edição e edição integrada à impressão, agências de notícias e outros serviços de informação.

No relatório da PAS 2014 (IBGE, 2016), com dados referentes ao ano de 2014, o instituto comenta que as atividades que compõem o grupo caracterizam-se pelo elevado potencial de inovação e importância estratégica para a promoção do desenvolvimento econômico do País. Neste segmento estão empresas intensivas em capital, cuja expansão depende, entre outros fatores, de elevados investimentos em infraestrutura, com destaque para a atividade de telecomunicações, com taxa de investimento (quociente entre investimentos e valor adicionado bruto) de 53,9%. Outra característica salientada pelo relatório é a concentração econômica das empresas.

Telecomunicações incluem serviços de telefonia fixa, serviços de comunicação móvel, comunicação multimídia, telecomunicações por satélites, provedores de acesso à Internet, transmissão e recepção de sinais de TV e rádio, TV por assinatura, serviços de instalação e outros. A prestação dos serviços é regulamentada pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e exercida por agentes que detenham concessão, permissão ou autorização para a prestação do serviço.

O Setor de Telecomunicações é dividido em três segmentos:

- 1- Serviços de telecomunicações – empresas que detêm concessão ou autorização para prestação de serviços.
- 2- Produtos e serviços para as prestadoras de serviços de telecomunicações – integram esse segmento:
 - a. Fabricantes de equipamentos de telecomunicações, redes, infraestrutura, componentes, peças etc. Os equipamentos de telecomunicações, inclusive terminais, devem obedecer a normas e padrões e ter sua certificação homologada pela ANATEL.
 - b. Prestadores de serviço de suporte aos serviços de telecomunicações como construção, implantação, integração e gerenciamento de redes e sistemas de telecomunicações, serviços de operação e manutenção de redes, serviços de suporte à operação e outros.
- 3- Serviços de Valor Adicionado – atividades que dão suporte a um serviço de telecomunicações como provedores de acesso à Internet, centrais de atendimento (*call centers*), serviços de localização e rastreamento por satélite, desenvolvedores de conteúdo etc.

O foco deste trabalho está no primeiro segmento, o de serviços de telecomunicações.

Em 29 de julho de 1998 o Sistema Telebrás, que centralizava a prestação de serviços de telecomunicações pelo Governo foi privatizado. O processo teve início com a mudança da Constituição Federal e a promulgação da Lei Mínima e da Lei Geral de Telecomunicações (LGT), em 16 de julho de 1997, que criava e implementava o órgão regulador (ANATEL) e aprovava o Plano Geral de Outorgas, o Plano Geral de Metas e a reestruturação do Sistema Telebrás, culminando com a venda das ações de propriedade da União (NEVES, 2002). A partir deste marco, o setor experimentou um período de forte expansão com implantação de um modelo de concorrência sob a regulamentação da ANATEL. Em 1998, considerando linhas fixas e móveis, o número total de telefones no Brasil era de 27, 4 milhões de linhas em serviço, com uma densidade de 16,8 telefones por 100 hab. Em 2015 o número de acessos fixos e móveis soma 301,5 milhões, com densidade de 147 telefones por 100 hab (ANATEL, 2015).

Com o passar dos anos o modelo inicial planejado pela LGT sofreu alterações substanciais. A telefonia fixa entrou em declínio, frente ao crescimento acelerado dos serviços móveis. Em dezembro de 2015 já eram 1,26 celulares por consumidor. Com o aumento da velocidade da Internet em banda larga o tráfego de dados cresceu exponencialmente. Os aparelhos celulares diversificaram sua utilidade com a evolução tecnológica dos *smartphones*. Surgiram empresas que fornecem serviços sobre as redes das operadoras, mesmo sem parceria comercial com as teles, como Facebook, Google e Netflix, e a banda larga se transformou em prioridade para os internautas, exigindo investimento em infraestrutura (SANTANA, 2014). A Figura 8 mostra a evolução dos investimentos nos serviços de telefonia fixa e móvel. No ano 2000, o investimento em telefonia móvel foi 35% do valor investido na telefonia fixa e 26% do investimento total. Em 2015, esta proporção é balanceada, a telefonia móvel representou 44% do investimento total, ou 79% do montante investido em telefonia fixa. Nos anos de 2003 a 2005, 2008 e 2009 o investimento na móvel foi maior do que na telefonia fixa.

Figura 8 - Evolução dos investimentos em serviços de telecomunicações fixo e móvel 2000/2015

Fonte: Elaboração própria com dados da TELEBRASIL (2017)

Nos últimos anos a tendência tem sido de forte consolidação entre as empresas. Hoje, quatro empresas dominam o mercado com prestação de multisserviços. A Telefônica, que opera com a marca Vivo tem o maior valor de mercado e maior participação. A América Móvil opera com as marcas Embratel e Net sob a Claro; a

TIM com presença mais forte no segmento de telefonia Móvel e a Oi, em quarto lugar, também opera com os serviços móvel, fixo, dados e TV. Atuando em segmentos e serviços, ou com operações regionais, outras empresas menores, como a Nextel, Algar Telecom (CTBC) e Sercomtel, compõem o setor (SANTANA, 2014).

Os Serviços de telecomunicações englobam seis categorias de serviços: telefonia fixa, comunicação móvel, comunicação multimídia, TV por assinatura, radiodifusão e outros serviços de telecomunicações. Cada categoria está submetida, além da regulamentação geral do setor, a um conjunto de normas ou marco regulatório próprio, bem como processos de habilitação específicos que podem ser concessão, permissão ou autorização para prestação do serviços.

Existem seis concessionárias do serviço telefônico fixo comutado (STFC), sendo cinco de telefonia local e longa distância nacional (LDN) na sua área de concessão (Telemar, Brasil Telecom, Telefônica, CTBC e Sercomtel) e a Embratel, concessionária de longa distância nacional (LDN) e longa distância internacional (LDI) em todo o território nacional. A Oi (Telemar) adquiriu a Brasil Telecom em 2008.

A telefonia celular é o principal serviço de comunicação móvel e é prestado no Brasil por detentores de autorização de serviço móvel pessoal (SMP). A ANATEL regulamentou em 2010 a existência de prestadoras virtuais de telecomunicações (MVNO) mas ainda não alcançam expressividade no setor. São considerados como parte da telefonia celular os serviços suplementares e de dados (SMS, Internet) prestados pelas operadoras de SMP.

Além do SMP, e com escala bem menor, outros serviços de comunicação móvel são: serviço móvel especializado (SME), também conhecido como *trunking*; serviço móvel especial de radiochamada (SER); serviço móvel global por satélites (SMGS); serviço móvel aeronáutico (SMA); serviço móvel marítimo (SMM).

No SMP existem até cinco empresas prestando serviço em cada região do País. Estas prestadoras estão hoje consolidadas nos seguintes grupos: Vivo, Claro, TIM, Oi, CTBC, Sercomtel e Nextel. A Tabela 3 detalha os controladores acionários e o número de celulares em serviço de cada grupo em dezembro de 2015. A Vivo,

com a maior base tinha 73 milhões de celulares, em seguida a TIM e a Claro com 66 milhões cada. Em 4º lugar, com 48 milhões, está a Oi.

Tabela 3 - Total de celulares em serviço por operadora - 2015

Operadora	Controlador	Celulares (Milhares)
Vivo	Telefônica	73.268
TIM	Telecom Itália	66.234
Claro	América Móvil	65.979
Oi	AG, LaFonte, BNDES, Fundos e Portugal Telecom	48.082
Nextel	NII Nextel	2.760
ALGAR	Algar	1.364
Sercomtel	Prefeitura Londrina/Copel	65
MVNOs	Porto Seguro, Datora e Terapar	485

Fonte: TELECO (2017)

Os demais serviços com uma pequena participação no setor são:

- 4- Serviço de Comunicação Multimídia (SCM) - serviço de telecomunicações que possibilita a oferta de capacidade de transmissão, emissão e recepção de informações multimídia, utilizando quaisquer meios, a assinantes dentro de uma área de prestação de serviço. O regulamento do SCM considera informações multimídia os sinais de áudio, vídeo, dados, voz e outros sons, imagens, textos e outras informações de qualquer natureza.
- 5- Serviço de TV por Assinatura - consiste na distribuição de sinais de vídeo e áudio a assinantes. Ele pode ser prestado por detentores de autorização do Serviço de Acesso Condicionado (SeAC). Os prestadores de Serviço de TV por Assinatura são as empresas que possuem outorgas para os serviços descritos.
- 6- Serviços de Radiodifusão - são definidos como os serviços que compreendem a transmissão de sons (radiodifusão sonora) e a transmissão de sons e imagens (televisão), destinadas a serem direta e livremente recebidas pelo público em geral. Os Serviços de Radiodifusão hoje existentes no Brasil são analógicos. A ANATEL outorgou autorizações de Serviço Especial para Fins Científicos ou Experimentais para que as emissoras executassem testes de rádio digital no

Brasil. O dec. 5.8020 de 29/06/06 estabeleceu o padrão japonês (ISDB) como base para o Sistema Brasileiro de Televisão Digital – SBTVD. O processo de desligamento da TV analógica no Brasil iniciou-se em 2016 e estender-se-á até 2018. As prestadoras de Serviço de Rádio e TV são as empresas que possuem outorgas para os serviços descritos.

- 7- Outros serviços de telecomunicações - estão incluídos neste subsegmento os detentores de autorização da ANATEL para prestação de outros serviços de telecomunicações tais como serviços limitados privados (rádio-cidadão e radioamador) e serviços especiais para fins científicos ou experimentais e de rádio determinação. As prestadoras são as empresas que possuem outorgas para os serviços.

3.2 Importância do setor de telecomunicações na economia brasileira

A receita bruta do setor de telecomunicações representou em média nos últimos 10 anos, 5% do PIB. Um melhor dimensionamento da participação deste serviço na economia nacional pode ser observado através do quadro de indicadores do setor, apresentado na Tabela 4, com dados referentes ao ano de 2015.

Tabela 4 - Indicadores dos serviços de telecomunicações - 2015

Indicador	Valor em 2015
Receita bruta dos serviços de telecomunicações	R\$ 203,82 bilhões
Investimentos	R\$ 28,64 bilhões
ICMS	R\$ 34,38 bilhões
Acessos fixos em serviço	43,67 milhões
Densidade dos acessos fixos	21,3 / 100 hab.
Acessos móveis em serviço	257,8 milhões
Densidade dos acessos móveis	125,7 / 100 hab.
Empregados no setor de telecomunicações (sem <i>call center</i>)	276,3 mil

Fonte: Construção do autor com dados TELEBRASIL (2017)

Além dos aspectos econômicos diretos como receita, volume de investimentos, impostos e empregos gerados, vale destacar a importância do setor de

telecomunicações na economia brasileira de forma indireta, através do cumprimento das obrigações regulatórias que visam à integração nacional, universalização dos serviços e inclusão digital. Até o ano de 2015, 100% por cento dos municípios do país já estavam cobertos com telefonia fixa e móvel e mais de 63 mil escolas públicas atendidas com banda larga fixa (ANATEL, 2016).

A comunicação móvel vem aumentando sua participação na receita do setor de telecomunicações. A Figura 9 mostra a distribuição da receita bruta do setor, incluindo a indústria, que foi R\$ 232 bilhões no ano de 2015. Neste ano a telefonia móvel representou 43% do total da receita bruta, mais que o dobro da participação do segundo maior componente, a telefonia fixa com 17%. A banda larga fixa com 14%, TV por assinatura com 13%, indústria com 12% e o serviço móvel especial com 1%, respondem pelo restante da receita.

Figura 9 - Composição da receita bruta do setor de telecomunicações (R\$ bilhões)- 2015

Fonte: Elaboração própria com dados TELEBRASIL (2017)

3.3 Uso de energia elétrica no setor de telecomunicações

O setor de serviços de telecomunicações é totalmente dependente de energia elétrica na sua operação. Desde o núcleo, ou *core* da rede, até a ponta remota, a operação de satélites para atendimento em áreas de floresta, o processamento de dados, ou seja, toda a operação é dependente do insumo energia elétrica. Pela regulamentação da ANATEL, a não prestação do serviço, por qualquer motivo, torna

a prestadora sujeita a penalizações. Falhas na qualidade da prestação do serviço expõem as empresas a sanções regulatórias que podem variar de multas até à perda da concessão ou habilitação. Não existe no marco regulatório qualquer cláusula que isente de alguma responsabilidade ou atenua a sanção à prestadora do serviço em função da falta ou insuficiência no fornecimento de energia elétrica por parte da prestadora de energia elétrica. Uma imposição governamental de racionamento de energia elétrica, ou mesmo falhas no fornecimento de energia elétrica, não isentam nem reduzem quaisquer obrigações na prestação dos serviços de telecomunicações ou índices de qualidade requeridos. A única ressalva prevista se dá em caso de calamidade pública. Um exemplo deste caso foi experimentado na tragédia das enchentes e deslizamentos na região serrana do estado do Rio de Janeiro em 2011, em que toda a infraestrutura para prestação do serviço foi afetada e houve impossibilidade de continuidade dos serviços. Mesmo neste caso, a isenção não é automática. É preciso apresentar provas, documentações e abrir um processo de reivindicação junto à agência reguladora. Ainda que os fatos sejam públicos, divulgados na mídia, a isenção da obrigação não é automática. Em condições normais de operação, na ocorrência de apagões seletivos, interrupção da energia e blecautes, a prestadora não está isenta das penalidades previstas na regulamentação. A penalidade máxima, que é a perda da concessão é referente à telefonia fixa. Na telefonia móvel, cujo regime é o de permissão, as penalidades existem, mas têm outro escopo, como multas. Os regimes são diferentes e com consequências diferentes, mas ambos são controlados e acompanhados através do conjunto de indicadores pelos quais as empresas prestam conta à reguladora.

O consumo de energia elétrica do setor de telecomunicações cresceu no mercado livre, passando de 97,34 MWm em 2013 para 101,363 MWm em 2014. Após um decréscimo para 98,19 MWm em 2015 voltou a crescer em 2016, com 114,52 MWm, segundo levantamento da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). No relatório mensal da CCEE, referente ao mês de dezembro de 2016, entre os dez maiores consumidores da categoria consumidor especial do mercado livre, 3 eram prestadoras de serviços de telecomunicações: Telefônica, Claro e Telemar, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Consumidores livres e especiais com maior consumo na CCEE

Posição	Consumidor Livre	Consumidor Especial
1°	ALBRAS	IPERFOR
2°	BRASKEM	CARREFOUR
3°	CSN SIDERURGIC	TELEFONICA
4°	ARCELOR JF	CBD
5°	WHITE MARTINS	SEARA MATRIZ
6°	CVRD	CLARO
7°	ANGLO NIQUEL	BRF
8°	FERTILIZANTES	TELEMAR
9°	KLABIN PUMA	SABESP
10°	BRF	CENCOSUD GBARBOSA

Fonte: CCEE, (2017)

Um esquema ilustrativo da infraestrutura operacional de uma prestadora de serviços de telefonia fixa, móvel, banda larga fixa e TV a cabo é apresentado na Figura 10. Nas pontas, a conexão de banda larga fixa entre os modems dos clientes e a central telefônica da operadora é feita através de um DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*). As linhas fixas cabeadas conectam os telefones fixos das casas dos clientes às centrais telefônicas prediais ou às URAs (Unidade de Acesso Remoto) instaladas nas ruas. Os clientes do serviço móvel acessam às plataformas da rede móvel através das ERBs (Estação Rádio Base) ou *sítes* de telefonia móvel. Conexões DTH (*Direct To Home*), distribuem sinais de TV à casa dos clientes através de satélites. Os acessos remotos se conectam ao núcleo ou *core* da rede de cada serviço, e às plataformas de gerência entre os serviços e entre conexões externas.

Figura 10 - Esquema ilustrativo de uma prestadora de serviços de telecomunicações

Fonte: Empresa B

Cada um desses equipamentos depende de energia elétrica como insumo para sua operação. Os segmentos sombreados de azul indicam o *core* da rede. Qualquer interrupção de energia nestes setores acarretará interrupção de todos os clientes e serviços conectados ou que queiram utilizar aquele serviço. Os segmentos sombreados em amarelo ou sem sombreado, indicam a rede distribuída, ou a ponta. É o segmento que atende a um número determinado de clientes conectados àquele equipamento. A interrupção no fornecimento de energia elétrica nestes setores vai interromper o serviço a número mais limitado de clientes, que estão conectados diretamente ao equipamento afetado ou, se for uma plataforma intermediária, os clientes a partir daquele ponto.

3.4 Considerações sobre o capítulo

O serviços de telecomunicações caracterizam-se pela rápida evolução tecnológica. Como exemplo, observe-se a evolução das redes móveis entre os anos de 2006 e 2016 segundo dados da ANATEL. Em 2006, as tecnologias para telefonia móvel eram basicamente para tráfego de voz, e os acessos em serviço

estavam segmentados em 64% na tecnologia GSM (*Global System for Mobile Communication*) ou rede 2G e 36% nas tecnologias mais antigas, CDMA (*Code Division Multiple Access*) ou TDMA (*Time Division Multiple Access*). Em 2008 começou a ser implantada a rede móvel com tecnologia 3G, que permite, além da voz, o tráfego de dados com velocidades em torno 1Mbps. Neste ano, 90% dos acessos móveis eram GSM. Em paralelo à implantação da rede 3G, a rede 2G era modernizada com algumas tecnologias que permitem tráfego de dados em até 236 kbps como GPRS (*General Packet Radio Service*) e EDGE (*Enhanced Data Rates For GSM Evolution*). No ano de 2013 começou a operar, nas 12 cidades que seriam sede da Copa do Mundo de 2014, a rede 4G, ou LTE (*Long Term Evolution*). Em dezembro de 2013, 62% dos acessos em serviço eram 2G e 37% na tecnologia 3G. Concomitantemente à implantação da rede 4G, as empresas modernizavam a rede 3G, em áreas de interesse estratégico, com tecnologias HSPA (*High Speed Packet Access*) e HSPA+, que permitem o tráfego de dados com velocidades de até 84 Mbps. Na rede 4G trafegam exclusivamente dados e a velocidade de transmissão, potencialmente, pode chegar 300 Mbps. O controle da velocidade de tráfego oferecida aos clientes depende da infraestrutura implantada pelas operadoras e do interesse comercial de cada uma. Em dezembro de 2016, a distribuição dos 227 milhões de acessos móveis em serviço era composta por: 21% em 2G, 53% em 3G e 26% na tecnologia 4G.

Este ambiente tecnológico corrobora as afirmações que o setor é intensivo em capital, necessita de altos volumes de investimentos para a expansão e é um mercado de intensa competitividade. Em conjunto, estes fatores contribuem para a concentração econômica do setor com poucos grupos atuando com multisserviços. Por outro lado, os serviços de telecomunicações são considerados essenciais para a população. As empresas operam em um ambiente regulamentado pela ANATEL e precisam atender a objetivos de interesse público, como a universalização dos acessos e qualidade na disponibilidade dos serviços para todos os clientes. Estas demandas regulatórias necessitam de investimentos e incorrem em custos, que não necessariamente seriam prioritários se apenas as estratégias de mercado fossem levadas em consideração

A dependência da energia elétrica como insumo primordial em toda a operação dos serviços de telecomunicações torna o setor um caso relevante para a questão de pesquisa deste trabalho: Como as restrições no fornecimento de energia elétrica afetam o resultado econômico destas empresas? Para que níveis de profundidade e duração das restrições as empresas terão seus serviços afetados? As respostas a estas questões foram buscadas na pesquisa de campo.

4 MÉTODO

4.1 Aspectos gerais

Para o desenvolvimento da pesquisa o método utilizado foi o de estudo de casos múltiplos. Foi escolhido o setor de telecomunicações em razão da importância na economia nacional e familiaridade do autor. A operação dos serviços no setor de serviços de telecomunicações é totalmente dependente da eletricidade, como visto no capítulo anterior. No Brasil o setor de está configurado com poucas empresas, de grande porte e abrangência nacional, operando com múltiplos serviços. Com este perfil, ainda que apenas duas empresas participaram da pesquisa, os resultados representam participação significativa no setor.

O desenvolvimento seguiu o modelo proposto por Yin (2009) como apresentado no fluxograma da Figura 11 representando as etapas para o desenvolvimento de estudo de casos.

Figura 11 - Fluxograma das etapas de estudo de casos

Fonte: adaptado de Yin (2009).

Inicialmente foi realizada pesquisa bibliográfica, para mapear os principais trabalhos publicados sobre o tema do projeto de pesquisa, disponíveis tanto nas

bases de dados nacionais quanto nas internacionais. A fundamentação teórica está desenvolvida no capítulo 5.

Para coleta de dados, foram realizadas quatro entrevistas em duas das 4 maiores empresas do setor de serviços de telecomunicações. Foram entrevistados um diretor e um gerente sênior em cada uma das empresas. Nos dois casos os executivos entrevistados eram diretamente responsáveis por decisões de contratações e de gestão dos projetos ligados à energia elétrica nas empresas. O protocolo de preparação para as entrevistas está no Apêndice A. As entrevistas foram gravadas com a autorização dos entrevistados e foram posteriormente transcritas. Em complemento às entrevistas, foram recebidas informações adicionais das empresas por e-mail.

Para testar a aplicação do método valoração da contingência (*Contingent Valuation-CV*) nas empresas pesquisadas, foi desenvolvido o questionário, disponível no Apêndice B, seguindo os conceitos teóricos do modelo CV. O questionário foi encaminhado por e-mail para os diretores que foram entrevistados em cada empresa. Como o envio do questionário foi feito após a realização das entrevistas, as questões qualificadoras das empresas e de análise do perfil de consumo de energia, ficaram fora do documento. Já haviam sido discutidas com detalhes durante a entrevista. A proposta foi manter apenas as questões que tipificam o modelo valoração da contingência.

Foi utilizado o instrumento de análise proposto por Mazzon (1981) para indicar a consistência metodológica do questionário como instrumento pesquisa para a questão a que se propunha. O modelo tem foco na aderência e compatibilidade entre o referencial teórico, os objetivos, as hipóteses de pesquisa e as técnicas de análise planejadas para tratamento dos dados em termos qualitativos. O modelo adaptado da matriz de amarração metodológica para esta pesquisa é apresentado no próximo item.

As transcrições das duas entrevistas de cada empresa, em conjunto com os dados adicionais recebidos foram consolidados em um relatório para cada empresa. Os relatórios estão descritos no capítulo 6. As respostas aos questionários são apresentadas no capítulo 7, após a análise cruzada dos dois relatórios. .

4.2 Consistência metodológica do questionário desenvolvido como instrumento de coleta de dados para a questão de pesquisa proposta

Como explanado no capítulo 2, a definição da curva do custo marginal do déficit em vigor assume que, para um mesmo nível de risco, quanto maior a profundidade do déficit maior o seu impacto sobre os setores produtivos. Estudos nacionais posteriores com propostas de novas metodologias para o cálculo do CD mantêm esse pressuposto (LOUREIRO, 2009)(CARPIO, 2014)(VASCONCELOS; CARPIO, 2015). Não foram encontradas referências nacionais, no entanto, de estudos que analisem impactos econômicos para a sociedade levando em consideração o tempo de duração do racionamento. Os estudos pesquisados na revisão de literatura indicam que para interrupção no fornecimento de energia os dois fatores combinados são relevantes para a quantificação dos custos (SANGHVI, 1982). Ainda, como indicado nas pesquisas de Praktiknjo; Hähnel; Erdmann (2011) e também de Reichl; Schmidthaler e Schneider (2013) a correlação não é linear. No entanto, é preciso destacar que em ambos os estudos a análise em relação à duração dos eventos foi feita para o setor residencial. Mesmo sendo os casos utilizados para este trabalho em setor não residencial, estas referências serão consideradas para a proposta das hipóteses que serão referência para a construção do questionário.

Hipóteses do modelo:.

- H1 – Há correlação positiva entre o impacto econômico para os consumidores do setor de telecomunicações e a profundidade de redução no fornecimento de energia elétrica.
- H2 - Há correlação positiva entre o impacto econômico para os consumidores do setor de telecomunicações e o tempo de duração na redução no fornecimento de energia elétrica.
- H3 – A correlação positiva entre a perda econômica e a restrição no fornecimento de energia elétrica não é linear, tanto em relação à profundidade quanto à duração.
- H4 – Os consumidores estão dispostos a pagar um sobrepreço, para mitigar as perdas incorridas pela não redução do fornecimento de energia.
- H5 - Restrições profundas e longas incentivam a autoprodução

A partir destas hipóteses foi construída a Matriz de Amarração Metodológica, apresentada pela Tabela 6.

Tabela 6 – Matriz de Amarração Metodológica

Objetivos da Pesquisa	Hipóteses de Pesquisa	Questões
Mensurar a percepção dos consumidores empresariais do setor de telecomunicações, dos impactos decorrentes de eventuais restrições no fornecimento de energia elétrica.	H1 – Há correlação positiva entre o impacto econômico para os consumidores do setor de telecomunicações e a profundidade de redução no fornecimento de energia elétrica.	1 a 5
	H2 - Há correlação positiva entre o impacto econômico para os consumidores do setor de telecomunicações e o tempo de duração na redução no fornecimento de energia elétrica.	
	H3 – A correlação positiva entre a perda econômica e a restrição no fornecimento de energia elétrica não é linear, tanto em relação à profundidade quanto à duração.	
Avaliar, em relação à profundidade e tempo de duração do racionamento, a disposição destes consumidores a assumirem um acréscimo no custo, para não sofrerem restrições no fornecimento de energia	H4 – Os consumidores estão dispostos a pagar um sobrepreço, para mitigar as perdas incorridas pela não redução do fornecimento de energia.	6 a 8
	H5 - Restrições profundas e longas incentivam a autoprodução	Entrevista

Objetivos da Pesquisa	Hipóteses de Pesquisa	Questões
Mapear as relações entre o perfil dos consumidores pesquisados, os impactos percebidos e ações adotadas face às políticas governamentais de restrição e aumento de preços no fornecimento de energia elétrica.	H5 - Restrições profundas e longas incentivam a autoprodução	Entrevista
Fonte: Construção própria		

A partir da tabela Matriz de Amarração Metodológica foram formuladas as questões que estão apresentadas no Apêndice B.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O impacto econômico de restrições no fornecimento de energia elétrica é estudado na maior parte da literatura internacional, e mesmo em algumas publicações nacionais, através de análise dos efeitos de interrupções súbitas no fornecimento de energia, como já citado anteriormente. A obtenção de parâmetros de referência para a tomada de decisão relacionada à confiabilidade da rede é a justificativa, apresentada pelos autores, para a relevância de um número expressivo de estudos sobre o tema. Os resultados obtidos servem de subsídios para o processo de planejamento, direcionamento dos investimentos em melhoria e manutenção e indicadores de garantia do fornecimento de energia. Alguns exemplos destes artigos são (SULLIVAN; VARDELL; JOHNSON, 1997); (SULLIVAN et al., 1996); (SULLIVAN et al., 2009). Uma empresa de eletricidade determina o nível de confiabilidade do serviço utilizando normas e julgamentos com base na experiência. Por exemplo, o projeto de uma rede de distribuição de energia de uma prestadora de serviços pode contar com redundâncias para satisfazer padrões de confiabilidade determinados pelas preferências históricas dos clientes. Como resultado, o custo e o nível de confiabilidade do serviço fornecidos por uma prestadora de serviço podem ser diferentes daqueles que os clientes preferem e pelos quais estão dispostos a pagar. Neste caso, o nível de confiabilidade fornecido não é economicamente eficiente para o prestador de serviços ou para o cliente.

Outro conjunto de publicações, dentre as quais destacam-se de Nooij; Koopmans e Bijvoet (2007); LaCommare e Eto (2006); Wacker et al. (1984); Baarsma e Hop (2009) Jamasb; Orea e Pollitt (2012) definem em seus objetivos que a quantificação do custo econômico da interrupção no fornecimento de energia elétrica é um parâmetro estratégico para que os órgãos reguladores possam promover melhorias de produtividade nas empresas, por mais que e em países desenvolvidos e com economias estáveis, a ocorrência de apagões seja bastante rara. Para melhorar a eficiência média do setor, os órgãos regulatórios podem adotar melhorias de eficiência acima da média como critérios para reajustes de preço, estabelecendo padrões para competitividade entre as empresas, como bem destacam Baarsma e Hop (2009):

“As redes de distribuição regionais são monopólios naturais. Para que tenham uma forma de incentivo de eficiência para reduzir custos operacionais o escritório Holandês de Regulamento de Energia introduziu um critério de competição baseado nas alterações relativas de produtividade das empresas que participam no sistema”(BAARSMA; HOP, 2009 - tradução livre).

Os estudos salientam a polaridade entre o acesso barato e o confiável do fornecimento de energia elétrica como elemento-chave da competitividade e prosperidade. No entanto, os custos econômicos do fornecimento de eletricidade extrapolam o setor elétrico e incluem o risco de abastecimento insuficiente de energia elétrica para a sociedade e as perdas econômicas e de bem-estar resultantes de uma eventual falta ou apagão (GROWITSCH et al., 2014). As decisões dos órgãos responsáveis pelas políticas públicas, reguladores, de planejamento e operação do sistema elétrico, bem como os empreendedores devem ser baseadas em avaliação cuidadosa dos custos e benefícios dos níveis de investimentos alternativos e estratégias (SANGHVI, 1982). Enquanto o aspecto técnico do risco avalia a probabilidade técnica de interrupção ou falha no serviço, o aspecto econômico refere-se ao dano econômico. Este dano é equivalente aos custos de oportunidade de uma atividade alternativa (econômica) ou o valor de Perda de Carga (*Value of Lost Load* - VoLL).

Terceiro fator apresentado pelos autores para destacar a relevância dos estudos no tema, especialmente em trabalhos mais recentes, é o incentivo à diversificação do portfólio de energia, com o aumento da participação de energias renováveis. A expansão dos parques eólicos e outras energias renováveis reforça a relevância dos estudos do custo de interrupção no fornecimento em razão da natureza intermitente dessas tecnologias (PRAKTIKNJO, 2014); (PRAKTIKNJO; HÄHNEL; ERDMANN, 2011); (WOLF; WENZEL, 2015).

A literatura sobre o tema é bastante extensa, abrange estudos teóricos e grande número de aplicações dos métodos em regiões ou países. Nos próximos tópicos serão detalhados os aspectos teóricos dos métodos utilizados para o cálculo do VoLL e em seguida um quadro síntese de publicações relevantes com aplicações de seu cálculo.

5.1 VoLL – Value of lost load

O conceito apresentado na literatura para o VoLL é descrito como a perda ocorrida por unidade de energia elétrica não entregue, ou o valor da carga perdida (VoLL – *Value of Lost Load*) e definido como o valor econômico agregado por uma atividade dividido pela energia consumida por esta atividade (COLL-MAYOR; PARDO; PEREZ-DONSON, 2012). Os autores destacam que este valor pode ser útil na escassez de oferta de energia onde pode ser necessário reduzir a oferta para alguns usuários. Ponderam que nesse caso os custos totais podem ser minimizados se forem cortados os consumidores de menor VoLL (DE NOOIJ; KOOPMANS; BIJVOET, 2007).

Outra forma de mensuração dos custos de interrupções de fornecimento pode ser o da quantidade perdida por hora. Estes valores são úteis na tomada de decisões sobre investimentos em confiabilidade da rede. Se o dano causado por hora em certas regiões é alta, os benefícios dos investimentos nestas regiões são também elevados (DE NOOIJ; KOOPMANS; BIJVOET, 2007).

Praktiknjo et al. (2011) acrescentam que nos mercados em que a oferta não consegue satisfazer a procura, uma perda de bem-estar é consequência, por causa de perdas de excedentes do consumidor e do produtor. O VoLL pode, portanto, ser considerado como a perda média de excedente do consumidor por unidade de consumo de energia elétrica.

Relatório da London Economics (2013) apresenta as diversas aplicações do cálculo do VoLL de maneira bastante clara, expondo-o como uma medida útil e importante nos mercados da eletricidade. O valor representa a disposição dos clientes para pagar por serviços de eletricidade (ou evitar corte). Em mercados da eletricidade, VoLL geralmente é medido em dólares (ou a moeda local) por MWh; pode ser calculado também o VoLL marginal, ou seja, o valor marginal da próxima unidade de energia não suprida, ou ainda, o VoLL médio que é o valor médio da energia não suprida. Valores marginais de VoLL são, muitas vezes, calculados para períodos de pico (ou "pior caso"), quando os clientes despenderão o valor mais elevado em energia elétrica. VoLLs médios são a média ao longo de um determinado período (por exemplo, um ano) e não são diferenciados ao longo do

tempo. VoLLs médios tendem a ser menores do que VoLLs marginais nos horários de pico, pois incluem períodos em que os clientes despendem valor baixo em energia elétrica (ou seja, quando os clientes não estão em casa ou quando as empresas estão fechados). VoLLs médios são comumente usados para direcionar investimentos em transmissão e geração.

É importante destacar que os VoLLs variam conforme o tipo de interrupção considerado. Geralmente, existem três grandes classes de falhas que podem ocorrer em uma rede elétrica: (1) em larga escala e de longo prazo, em que a energia é interrompida por uma área extensa, por dias, ou mesmo semanas, em virtude de um evento catastrófico que causa um apagão em todo o sistema e requer a reinicialização do sistema e, em alguns casos, reparos de infraestrutura extensa (por exemplo, o furacão Sandy nos EUA ou o Blackout Nordeste, no verão de 2003, também nos EUA); (2) as interrupções mais localizadas em que o serviço de eletricidade não está disponível por horas (por exemplo, como consequência de eventos de falha no serviço de distribuição ou um evento meteorológico mais localizado, como um tornado); e (3) direcionados, interrupções de curta duração de clientes selecionados ao longo de prazos distintos. Falhas de longa duração em todo o sistema provavelmente terão VoLL maior, com aumento nos custos indiretos e induzidos pela interrupção de longa duração (perda de salários, perda de mercadorias perecíveis, etc.).

5.2 Métodos para o cálculo do VoLL

Billinton, Tollefson e Wacker (1993) consolidaram o conjunto de métodos, encontrados na literatura, para cálculo dos custos da interrupção no fornecimento de energia elétrica, ou custos da não confiabilidade. Outros autores apresentam algumas variações na classificação dos métodos, mas este trabalho seguirá com a proposta dos autores citados e, no detalhamento, indicará algumas alternativas sugeridas por outros autores. As metodologias estão agrupadas em 1) métodos analíticos, 2) estudos de casos e 3) pesquisa de campo (*survey*), que serão detalhadas em seguida, apresentando seus pontos fortes e fracos.

É importante salientar também que, independente da metodologia adotada, o valor do custo resultante da interrupção no fornecimento de energia sofre grande

variação em função das características do evento tais como: a) setor ou tipo de consumidor afetado; b) horário, dia da semana ou mês do ano da ocorrência do apagão; c) duração do apagão; d) prazo em que os consumidores foram notificados antes do apagão.

5.2.1 Métodos analíticos

Os métodos analíticos buscam inferir os custos de interrupção através de perspectiva ampla e associações entre índices ou variáveis globais. São também chamados na literatura pesquisada de métodos macroeconômicos. De modo geral, a análise parte de um ponto de vista econômico teórico, por exemplo, relacionando o uso de eletricidade ao PIB (BILLINTON; TOLLEFSON; WACKER, 1993). Nooij; Koopmans e Bijvoet (2007) nomeiam esta classificação como função de produção.

A função de produção calcula as consequências da falta de energia elétrica através de perda de produção (para as empresas) ou tempo perdido para lazer e atividades domésticas (para famílias) e utiliza informações estatísticas quantitativas. As relações utilizadas com maior frequência são:

1) $VoLL = PIB / \text{Consumo anual de eletricidade}$

2) $VoLL = \text{Valor da fatura anual de eletricidade} / \text{Consumo anual de eletricidade}$

O método (1) é o mais utilizado para os setores da indústria e comércio. Para consumidores residenciais os autores pesquisados fazem referência ao trabalho de MUNASINGHE; GELLERSON (1979) em que a expressão para custo de interrupção é estimada através do valor proporcional à renda líquida das família e o tempo de interrupção durante as horas de lazer. A associação com atividades de lazer e renda é oriunda da observação de que as atividades de lazer, ao contrário das atividades domésticas, geralmente não podem ser postergadas. O tempo para usufruir do lazer é limitado, pelo menos para os assalariados. Além disso, o uso da eletricidade pode ser considerado essencial para o exercício de certas atividades de lazer como ver televisão, ler ou navegar na Internet. As possibilidades de substituição, na ocorrência de um apagão, são limitadas.

A fundamentação econômica para a utilização do método macroeconômico para setores não residenciais vem do conceitos dos índices econômicos utilizados. O PIB é o valor monetário dos bens e serviços produzidos por um país durante um determinado período de tempo. Geralmente é calculado em base anual, embora em âmbito nacional os dados trimestrais também estejam disponíveis. Mede o consumo privado e público, despesas governamentais, investimentos públicos e privados, e as exportações líquidas, ou seja, exportações menos importações (LLC, 2013).

Os pontos fortes identificados no modelo macroeconômico são sua relativa facilidade de utilização, bem como a disponibilidade de dados. A implementação pode ser rápida se comparada às complexidades inerentes à uma pesquisa de campo. Bases de dados de indicadores econômicos em geral estão disponíveis através de órgãos oficiais em diversos níveis de detalhamento (KARIUKI; ALLAN, 1996). Por outro lado, é preciso destacar os pontos fracos deste modelo levantados pelos autores pesquisados:

- Possibilidade de inconsistências entre os indicadores a serem utilizados. Por exemplo, o PIB (numerador) e o consumo de energia (denominador) geralmente são apurados por órgãos diferentes.
- Não estão considerados no modelo as características do apagão: duração, dia, mês, etc.
- Para setores não residenciais, esta abordagem assume que as atividades são interrompidas simultaneamente, o que nem sempre acontece. Este e outros fatores não são considerados no modelo, mas são realidade no contexto da economia e podem levar a subestimar ou sobrestimar o VoL. São exemplos:
 1. Oscilações no fornecimento de energia podem causar distúrbios para as atividades das empresas ou residências tanto quanto uma interrupção contínua. Desconsiderar este tipo de falha pode levar a subestimação do VoLL.
 2. Não são consideradas, nos artigos de referência deste método, as interconexões na cadeia de suprimentos entre os diversos setores e segmentos econômicos. Esta premissa pode levar a subestimações no cálculo do VoLL. Nooij; Koopmans e Bijvoet (2007) sugerem que a MIP pode ser utilizada para suprir essa lacuna, mas no estudo em referência consideraram que como a produção é interrompida com a ausência no fornecimento de energia elétrica, o

cálculo não seria afetado pela desconsideração das interrelações entre os setores. Growitsch et al.(2014) argumentam que esta limitação pode ser superada se o cálculo do VoLL for realizado com maior granularidade, para cada setor econômico.

3. Não são considerados no modelo a possibilidade, embora limitada, de haver continuidade nos negócios durante a interrupção, o que pode levar a uma sobrestimação do VoLL. Em alguns setores, uma interrupção de energia elétrica não necessariamente implica em quebra imediata de produção. Além disso, a produção pode ser adiada ou deslocada para outros locais (Linares & Rey, 2013).

4. Não é considerada a possibilidade de recuperação da produção perdida, após o apagão. Também não são incorporados no cálculo do VoLL, no modelo macroeconômico, as perdas dos bens materiais ou custos para reinício da produção. Esta suposição pode subestimar o valor calculado (GROWITSCH et al., 2014).

5.2.2 Estudos de Casos

Nesta categoria os estudos são realizados após a ocorrência de interrupções, geralmente eventos de larga escala. Este tipo de estudo procura avaliar tanto os custos diretos como indiretos de curto prazo. Os custos diretos incluem deterioração dos alimentos, perda de salário, perda de vendas, perda de impostos e outros itens. Os custos indiretos incluídos são os custos de emergência, perdas devido à desordem civil (saques, tumultos e incêndios), e perdas de governos e companhias de seguros. Observa-se que muitas dessas perdas são difíceis de serem valoradas monetariamente e os resultados, geralmente indicam que os custos indiretos são muito mais elevados do que os custos diretos. Informações valiosas podem ser obtidas a partir de estudos de caso de blecautes, mas estas informações são, muitas vezes, relevantes apenas para o incidente em particular; os custos não podem ser generalizados (BILLINTON; TOLLEFSON; WACKER, 1993).

Uma vantagem do estudo de caso é o fato de se estudar um caso real, e não uma interrupção de energia hipotética (SERRA; FIERRO, 1997). Chowdhury e Koval (1999) acrescentam que os estudos de caso de blecautes fornecem informações úteis sobre a importância social da energia elétrica. As informações quantitativas

fornecidas por estudos de casos são úteis na determinação dos efeitos das interrupções. No entanto, os dados relativos aos custos não podem ser utilizados para estimar os custos de interrupções em geral. Outra desvantagem indicada pelos autores é que o grande número de possíveis efeitos torna difícil obter uma visão global do evento.

É importante salientar que o estudo de casos utilizado para o desenvolvimento do trabalho não se configura em uma aplicação deste modelo relatado na literatura revista para o cálculo do VoLL

5.2.3 Pesquisa com consumidores (*customer surveys*):

Billinton, Tollefson e Wacker (1993) indicaram que para a compreensão mais abrangente da dependência dos consumidores de fornecimento confiável de energia elétrica é necessário obter informações a partir dos próprios clientes. Ou seja, entender as perdas experimentadas pelos consumidores devido à indisponibilidade das funções, produtos e atividades que dependem de energia elétrica. Os autores acrescentam que a tendência das pesquisas na área é a de não se limitar a apenas uma abordagem, mas utilizar um modelo híbrido de várias técnicas. A intenção é melhorar a informação para uso no planejamento e na otimização da confiabilidade do sistema.

As técnicas de pesquisa com consumidores são apresentadas de maneiras diversas na literatura pesquisada. Este trabalho utilizará a estrutura proposta por Nooij; Koopmans e Bijvoet (2007). Duas abordagens metodológicas para estimar o VoLL utilizam pesquisa com o consumidor: preferência revelada (ou comportamento de mercado) e preferência declarada.

5.2.3.1 Preferência revelada:

No método de pesquisa de preferência revelada o consumidor entrevistado é conduzido a estimar os custos que incorrerão em caso de interrupções no fornecimento de energia elétrica em diferentes horas do dia, mês e ano, e para diferentes durações de interrupção. Como o nome indica, o objetivo deste tipo de levantamento é fazer perguntas que irão revelar preferências e disposição dos consumidores a pagar com o intuito de evitar uma interrupção através do uso de

equipamentos de becape ou contratos com cláusulas para casos de interrupção no fornecimento. Nooij; Koopmans e Bijvoet (2007) acrescentam que tanto os gastos com instalações de equipamentos de reserva como a utilização de contratos protegendo o consumidor em caso de interrupção no fornecimento podem fornecer informações sobre o valor monetário que as famílias ou indústrias atribuem à fonte de geração de energia. Por exemplo, as despesas com instalações de becape mostram o quanto as empresas e as famílias estão dispostas a pagar para um nível mais elevado de confiabilidade do aprovisionamento de energia em relação ao que é assegurado pela rede naquele momento. Sanghvi (1982) utiliza este método em seu artigo. Quanto maior a confiabilidade do sistema de fornecimento de energia, menor será a atratividade para famílias e empresas investirem em equipamentos de reserva, destacam Nooij; Koopmans e Bijvoet (2007).

Duas teorias econômicas dão suporte à abordagem da pesquisa de preferência revelada. A primeira teoria relaciona-se com os custos de geração com equipamentos de reserva. Em princípio, um cliente pode atenuar os efeitos de uma falha através de medidas preventivas (por exemplo, a instalação de becape de equipamentos de energia). Se um cliente está inclinado a fazer um investimento, o montante do investimento irá implicitamente representar a disposição máxima do cliente a pagar. Como alternativa, também pode-se olhar para o conceito de contratos com cláusulas de interrupção para avaliar a disposição máxima a pagar. Contratos prevendo interrupções permitem que o fornecedor de energia possa interromper o serviço, mas, em contrapartida, pelo contrato deverá compensar os clientes em caso de interrupção. Se um consumidor é racional e lógico, a perda esperada nos termos do contrato com previsão para interrupções deve ter preços compatíveis com os custos marginais de geração de becape.

A segunda teoria, detalhada no trabalho de Sanghvi (1982), refere-se a perda de consumo excedente. De maneira geral, os consumidores valorizam a eletricidade mais do que seu preço; a diferença é o excedente do consumidor. Durante uma interrupção, os consumidores não recebem esse excedente; a economia que fazem em suas contas de energia são menores do que o montante do valor perdido. O excedente do consumidor é um conceito econômico que indica o nível de satisfação

dos consumidores. Ele é medido pela diferença entre o que o consumidor está disposto a pagar e o preço de mercado.

A força da abordagem de preferências reveladas é que os dados da pesquisa são baseados em dados reais de clientes e ações de clientes reais (tais como seus investimentos em equipamentos de reserva para geração ou a utilização de contratos com cláusulas para interrupção), o que torna a informação mais objetiva e confiável.

No entanto, há várias limitações para a abordagem. Em uma localidade de alta confiabilidade no fornecimento de energia, onde as interrupções são curtas e pouco frequentes, o custo de um becape de geração pode ser maior do que os benefícios, já que raramente esses equipamentos serão utilizados. Esta situação desencoraja o investimento neste tipo de equipamento. De forma semelhante, clientes residenciais e pequenas empresas provavelmente não vão utilizar contratos com cláusula de interrupção ou ter um equipamento de reserva para geração, o que torna mais difícil quantificar seus custos com precisão em uma interrupção. Ainda, os clientes residenciais e pequenas empresas podem não adquirir equipamentos de becape e não utilizar contratos que prevêm interrupções por suporem, mesmo que não seja verdade, que o custo desses mecanismos de proteção é muito alto. Neste caso a aplicação da pesquisa traria respostas inexatos.

Finalmente, os custos de becape de geração e contratos com previsão de interrupção dependem do setor do consumidor. Por exemplo, o custo da falta de energia em um hospital é maior do que o custo da aquisição de um gerador de emergência. Um evento de falha em um hospital afetará toda a operação, além do fato de que o bem-estar e a segurança física e emocional dos pacientes estarão em risco imediato, o que provocará efeitos monetários de impacto mais prolongado do que o evento de falha. Neste caso, a utilização do custo do gerador sobressalente como indicador do hospital levaria a uma subestimação do VoLL.

Outro aspecto de ordem prática, abordado por alguns autores, é a complexidade e custo da preparação e implementação da pesquisa. Se não for preparada corretamente, uma pesquisa pode resultar em conclusões incorretas e tendenciosas.

5.2.3.2 Preferência declarada:

Métodos de preferência declarada envolvem pedir aos consumidores que deem um valor ou preferências entre os bens, situações, prêmios ou pagamentos. No contexto do cálculo do VoLL, são escolhas que farão em face a falhas no fornecimento de energia, no futuro. Duas técnicas de preferência declarada são as mais utilizadas:

- Experimentos de escolha (*Choice Experiment* - CE); e
- Valoração da Contingência (*Contingent Valuation* - CV).

A técnica CE envolve solicitar ao consumidor que escolha entre cenários ou situações alternativas com um conjunto de atributos. No contexto do VoLL, serão cenários e preços a serem pagos ou recebidos para evitar a experiência de apagão. A técnica CV por outro lado, pergunta ao consumidor diretamente quanto estaria disposto a pagar (WTP – *Willingness to Pay*) para evitar as interrupções de energia ou sua disposição a aceitar compensação (WTA – *Willingness to Accept*) por aumentos de interrupções (KJØLLE et al., 2008).

A técnica de análise conjunta de dados (*conjoint analysis*) é utilizada no CE. Apresentados os cenários aos entrevistados, a cada um são associados valores monetários, um tipo de confiabilidade (momento e duração das interrupções) e preço da energia elétrica. Os participantes são convidados a classificar e comentar sobre qual cenário preferem. O valor monetário resultante aparece indiretamente. Em ambas as técnicas é aplicada análise de regressão usando as escolhas dos entrevistados como variável resposta e horário, frequência e duração da interrupção como variáveis explicativas. Os resultados dos coeficientes de regressão são então utilizados para fornecer WTP, WTA e medidas com base nos vários parâmetros de interrupção e escolhas dos respondentes, que, em seguida, são usadas para calcular uma estimativa do VoLL (LLC, 2013).

O fundamento econômico para os métodos de análise declarada se desenvolveram a partir da consciência de que a eletricidade é usada em padrão predeterminado pelos consumidores. Este padrão inclui a hora do dia, época do ano e outras características que fazem parte da rotina de utilização da eletricidade, de

forma a fornecer um benefício tão grande quanto possível para o consumidor. Uma interrupção no fornecimento quebra esse padrão e portanto elimina, reduz ou atrasa a atividade que depende da eletricidade. O benefício perdido é chamado de "utilidade" e numa análise posterior desse fenômeno uma "função de utilidade". Todos os consumidores têm uma vaga noção de como eles iriam alterar seu consumo em resposta a mudanças no preço unitário (BILLINTON; TOLLEFSON; WACKER, 1993). CV e análise conjunta são formas de modelagem de escolha. Os teóricos de modelagem acreditam que as escolhas humanas são racionais e, portanto, contêm padrões que podem ser capturados. Neste modelo, a escolha demonstrada nas respostas dos entrevistados às perguntas da pesquisa pode conter padrões entre duração da interrupção, tempo e as atividades que estão envolvidas durante a interrupção. Estas atividades têm custo monetário, o que permite a estimativa do VoLL (LONDON ECONOMICS, 2013).

Alguns pontos fortes são destacados para as pesquisas de preferência declarada: abordagem ascendente que evoca as preferências individuais de cada cliente, proporcionando um alto grau de objetividade. Pode ser usada com os consumidores que nunca experimentaram uma queda de energia, enquanto que a abordagem preferências reveladas é mais adequada para os clientes que são mais experientes com interrupções e podem relatar de forma confiável os custos e os impactos de tais interrupções. Além disso, a pesquisa de preferência declarada elimina a necessidade dos pesquisados de relatar custos diretos. Um consumidor pode desconhecer seus custos diretos, mas pode avaliar com precisão o custo de oportunidade de perder o serviço e, portanto, afirmar a sua utilidade monetária para manter a continuidade do serviço. Finalmente, o calendário e a duração das interrupções podem ser diretamente e implicitamente incorporados na análise de regressão da pesquisa e pós-pesquisa com a abordagem de preferências reveladas. Na CV é possível avaliar danos de imagem e outros intangíveis associados com um determinado tipo de evento interrupção (LLC, 2013); (PRAKTIKNJO; HÄHNEL; ERDMANN, 2011).

Dentro os pontos fracos deste método, Billinton, Tollefson e Wacker (1993) apontam que as respostas dos entrevistados são, muitas vezes, influenciadas pela forma com a qual as perguntas são formuladas. Outro efeito em estudos com

entrevistas é que as pessoas não querem menos ou mais interrupções, mas preferem o *status quo*. Outros críticos destas abordagens de pesquisa apontam que existem entrevistados, especialmente no setor de habitação, que não fornecem respostas confiáveis às perguntas sobre danos, WTP, WTA e trocas porque raramente têm de tomar essas decisões. Para contornar a inexperiência dos entrevistados, as pesquisas devem incluir, no início, uma pergunta de seleção sobre a experiência do entrevistado em algum episódio de queda de energia anteriormente e, em caso afirmativo, em que medida. Respondendo a essas perguntas de forma racional é especialmente desafiador para os entrevistados em regiões com alta confiabilidade e baixa frequência de interrupções. Além disso, a avaliação dos entrevistados residenciais com relação à queda nos preços da eletricidade é subjetiva, e pode ser distorcida se forem tratadas com ceticismo pelos participantes, levando a resultados enviesados (DE NOOIJ; KOOPMANS; BIJVOET, 2007). Finalmente, como em outras metodologias, a preparação e implementação de uma pesquisa é complexa e pode ser demorada e cara.

Por fim alguns autores afirmam que os métodos de pesquisa com o consumidor, tanto os de abordagem direta quanto o indireta (preferência declarada e preferência revelada) tentam medir a mesma variável, disposição a pagar. Para reduzir divergências nas estimativas uma abordagem híbrida pode ser a mais eficaz. Mais especificamente uma abordagem que proporcione informações confiáveis sobre o uso da eletricidade, padrões e estilo de vida, características demográficas e socioeconômicas e do provável impacto de uma interrupção na agenda de atividades do agregado familiar (SANGHVI, 1982).

5.3 Estudos aplicados do VoLL

Na Tabela 7 estão referenciados alguns estudos aplicados para cálculo do VoLL em países ou regiões. O quadro não é exaustivo e tem o objetivo de expor as diferentes metodologias utilizadas e a abrangência dos estudos. Alguns trabalhos se propõe ao cálculo do VoLL consolidado para todos os setores da economia, enquanto outros se restringem a apenas um ou mais segmentos. Foge à proposta deste trabalho fazer comparativo entre os resultados obtidos nos artigos referenciados. Estes precisam ser analisados dentro do contexto do estudo feito, das

premissas utilizadas e características dos eventos, como já salientado anteriormente.

Tabela 7 - Estudos aplicados de VoLL

Referência	País	Método	Setor
(WOLF; WENZEL, 2015)	Alemanha	Macroeconômico / Função produção	Residencial e Empresas
(GROWITSCH et al., 2014)	Alemanha	Macroeconômico / Função produção	Residencial e Setores econômicos
(PRAKTIKNJO; HÄHNEL; ERDMANN, 2011)	Alemanha	Macroeconômico / Função produção	Residencial
(PRAKTIKNJO, 2014)	Alemanha	<i>Survey</i> / CV	Residencial
(REICHL; SCHMIDTHALER; SCHNEIDER, 2013)	Áustria	Função Produção	Não Residencial
		<i>Survey</i> / CV	Residencial
(WIJAYATUNGA; JAYALATH, 2008)	Bangladesh	<i>Survey</i> e Função produção	Industrial
(DIBOMA; TAMO TATIETSE, 2013)	Camarões	<i>Survey</i> / CV	Indústria
(WOJCZYNSKI; BILLINTON; WACKER, 1984)	Canadá	<i>Survey</i>	Comercial e Pequenas Ind.
(WACKER; WOJCZYNSKI; BILLINTON, 1983)	Canadá	<i>Survey</i> / CV	Residencial
(SERRA; FIERRO, 1997)	Chile	<i>Survey</i>	Indústria
(OZBAFLI; JENKINS, 2015)	Chipre	<i>Survey</i> / CV	Residencial
(ZACHARIADIS; POULLIKKAS, 2012)	Chipre	Estudo de caso (ex- post) Função produção	Residencial, Setores econômicos (indústria e serviços)
(KIM; NAM; CHO, 2015)	Coreia do Sul	<i>Survey</i> / CV	Residencial
(LINARES; REY, 2013)	Espanha	Macroeconômico / Função produção	Residencial, Setores Econômicos
(LACOMMARE; ETO, 2006)	EUA	Função produção	Residencial, Comercial, Industrial
(KÜFEOĞLU; LEHTONEN, 2015a)	Finlândia	<i>Survey</i> / CV	Residencial

Referência	País	Método	Setor
(KÜFEOĞLU; LEHTONEN, 2015b)	Finlândia	Híbrido: <i>Survey</i> + Analítico	Serviços
(BAARSMA; HOP, 2009)	Holanda	<i>Survey</i> / CE	Residencial e Empresas
(DE NOOIJ; KOOPMANS; BIJVOET, 2007)	Holanda	Macroeconômico / Função produção	Residencial e Setores Econômicos
(LEAHY; TOL, 2011)	Irlanda	Macroeconômico / Função produção	Comercial, Industrial e Residencial Comparativo entre 2001 e 2008
(KJØLLE et al., 2008)	Noruega	<i>Survey</i> / CV	Residencial
(WILLIS; GARROD, 1997)	UK	<i>Survey</i> / CE	Indústria
(ABDULLAH; MARIEL, 2010)	Quênia	<i>Survey</i> / CE	Residencial
(CARLSSON; MARTINSSON; AKAY, 2011)	Suécia	<i>Survey</i> / CV	Residencial
(CARLSSON; MARTINSSON, 2007)	Suécia	<i>Survey</i> / CE	Residencial

Fonte – Elaboração própria

5.4 Visão comparativa entre dois estudos aplicados

Para evidenciar algumas vantagens e desvantagens dos métodos analítico e de pesquisa direta com consumidores (*survey*), dois dos estudos aplicados referenciados na Tabela 7 são apresentados com um pouco mais de detalhes.

- 1- A Alemanha tem observado o aumento da participação de energias mais voláteis como a eólica e solar na matriz de geração elétrica. Este processo é resultado da estratégia implementada nos últimos anos de substituição na matriz energética da energia nuclear por fontes de energia renováveis. As discussões sobre a confiabilidade no fornecimento de eletricidade e planos de racionamento em caso de escassez energia em todo o país motivaram Wolf e Wenzel (2015) a aplicarem um modelo de função de produção para o cálculo do VoLL. Os autores tomam como referência o estudo de Nooij; Lieshout e Koopmans (2009) e indicam planos de racionamento, para a hipótese de escassez de fornecimento

de energia elétrica em todo o país. Os planos são analisados e comparados com base nas consequências econômicas e sociais em quatro critérios diferentes de racionamento: abordagem aleatória, minimização do custo total, minimização dos custos da região mais afetada e minimização do número de pessoas afetadas.

Analisando o modelo aplicado pelos autores, fica claro que o método de cálculo do VoLL através de função de produção pode ser aplicado com resultados significativos, tanto para redução de custos como para amenizar outros impactos advindos da escassez de energia elétrica. Suas limitações também são evidenciadas no estudo apresentado. Não são levadas em consideração as interdependências entre setores econômicos e nem possíveis inconsistências entre os indicadores utilizados. Os resultados serão mais confiáveis quanto melhores forem a disponibilidade e qualidade dos dados dos perfis de utilização e indicadores econômicos. O nível de granularidade dos resultados também vai depender do detalhamento dos dados disponíveis

- 2- Uma aplicação de pesquisa direta com consumidores residenciais na Alemanha (PRAKTIKNJO, 2014). O estudo foi desenvolvido no mesmo contexto alemão de transição do sistema energético em direção a uma maior participação de fontes renováveis na matriz. O objetivo do trabalho foi definido como uma contribuição para a mensuração da segurança no abastecimento através da quantificação monetária das consequências de interrupções de energia. Foi realizada pesquisa online, obtendo 841 respostas válidas. Um modelo de regressão *botton-up*, em duas fases, foi utilizado para estimar os custos de interrupção com durações de 15 min, 1 h, 4 h, 1 dia e 4 dias. Os respondentes foram solicitados a estimar sua disposição a pagar (WTP) e vontade de aceitar compensação (WTA) com base em cada cenários propostos. Na análise dos resultados a partir das correlações obtidas entre os custos WTP e WTA e os atributos qualificadores das famílias participantes tais como tipo de residência, renda familiar, horas de lazer. o autor propõe algumas hipóteses. Com relação ao tipo de domicílio, sugere que para interrupções pequenas, de até 1 hora, o tipo de residência é irrelevante. No entanto, para interrupções mais longas, de pelo menos 4 horas os custos das famílias que vivem em casas maiores é significativamente maior do que o

daqueles que moram em apartamentos. Em acordo com outros estudos publicados, os valores obtidos de WTA são maiores do que os de WTP. É verificado ainda que a disparidade entre eles aumenta com o aumento da duração do apagão. A conclusão do autor é de que a eletricidade é um bem de difícil substituição por outros bens para os consumidores residenciais. Com a continuidade na interrupção do fornecimento a substituição por outros bens torna-se ainda mais limitada. Em relação à duração do apagão, o autor conclui que custos fixos incorridos pela interrupção independem da duração do evento. No entanto as inconveniências e o custo total têm correlação positiva com o tempo de interrupção de energia. E ainda que o VoLL não é um indicador adequado para pequenas interrupções de energia se for incluído nas estimativas o custo fixo.

A pesquisa de campo, como mostra este segundo exemplo, possibilita a coleta de informações específicas e mais detalhadas sobre o impacto da interrupção de energia bem como do perfil dos consumidores e as análises cruzadas a partir dessas variáveis. A análise dos dados coletados proporcionou comparação entre os tempos de duração do evento sem assumir linearidade em relação ao tempo. Por outro lado, é possível perceber que, para uma visão de toda a economia, a utilização exclusiva do método de pesquisa de campo demanda esforço e traz complexidade e custos muito superiores aos métodos analíticos.

6 LEVANTAMENTO E DESCRIÇÃO DOS DADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados empíricos do estudo, através da descrição narrativa das entrevistas e informações levantadas. As transcrições das duas entrevistas presenciais de cada empresa foram consolidadas e complementadas com as informações adicionais recebidas das empresas. As empresas não quiseram ser identificadas e serão denominadas Empresa A e Empresa B.

A soma da receita bruta das duas empresas representou, na média entre 2012 e 2015, 36% da receita bruta total do setor de serviços de telecomunicações.

6.1 Empresa A

6.1.1 Perfil da empresa

A Empresa A é uma operadora de serviços de telecomunicações pertencente a grupo multinacional. O serviço de telecomunicações com maior participação em seu portfólio é o de comunicações móveis, mas opera também com os serviços de telefonia fixa, banda larga fixa e longa distância nacional e internacional. Atua em todo o Brasil

6.1.2 Perfil do consumo de energia elétrica

O consumo de energia elétrica é feito por 15.253 unidades localizadas em todo o território brasileiro. A empresa tem cobertura de serviços de telefonia móvel (SMP) em 62% dos municípios brasileiros. Pelos dados do fechamento de 2015, em 3 prédios próprios a demanda de energia elétrica é atendida através de contratos no mercado livre, correspondendo a entre 7 e 8% da demanda total. Outros 13% da demanda são obtidos no mercado cativo, através de contratos para fornecimento de energia em média tensão, e abastecem 150 prédios. As 15.100 unidades consumidoras adicionais são atendidas em baixa tensão. Para isso a empresa tem contratos com 93 fornecedores de energia, dos quais 62 são concessionárias de distribuição de energia elétrica e os demais são cooperativas. Em suma, 80% da demanda é contratada no mercado regulado em baixa tensão e os 20% adicionais são atendidos através do mercado livre e do mercado regulado em média tensão.

Está em estudo a substituição dos contratos em média tensão por contratos no mercado livre.

O consumo anual médio da Empresa A é de 500 GWh. Entre 2010 e 2015 o consumo cresceu cerca de 12% ao ano, acompanhando o crescimento dos acessos em serviço. A demanda não é sazonal, permanecendo sem variação significativa ao longo do ano.

Eletricidade é o insumo energético principal da empresa. O custo anual com energia contratada nas distribuidoras foi de R\$ 253 milhões em 2015. Para 2016 o custo foi projetado em R\$ 300 milhões, representando 16,3% dos custos operacionais totais em tecnologia, que somam R\$ 1,844 bilhão. No planejamento para os próximos três anos a empresa estima crescimento deste custo de 23% ao ano. Esta estimativa considera o aumento do consumo por crescimento da planta, ganhos em eficiência energética com modernização da planta e inflação de 10% ao ano. É a 4ª conta dos itens de custo, que em ordem decrescente são: *leased lines* (a operadora utiliza muitos *links* alugados de outras operadoras), aluguel de *sites*, compartilhamento de *sites* e energia. Em seguida vêm as contas de manutenção e contas administrativas. Na projeção da empresa a conta de *leased lines* tende a perder relevância pois os *links* alugados têm sido desligados. A conta de energia deve crescer em preponderância ao longo dos anos. Em três ou quatro anos este item deve tornar-se o 3º maior nas contas de custeio. Para 2018 o planejamento é que o custo total seja de R\$ 2,0 bilhões, e a conta de energia chegue a R\$ 460 milhões.

O custo anual com a utilização de geradores é de cerca de R\$ 1,2 milhões, dentro do custo anual de manutenção que é de cerca de 190 milhões por ano. Para a empresa o custo do MW de energia elétrica obtido por um grupo motor-gerador (GMG) é 3 a 4 vezes o custo pago nos contratos com as distribuidoras.

6.1.3 Utilização da energia elétrica na cadeia de produção da empresa

A área de tecnologia é responsável por cerca de 90% do consumo. Os 10% restantes estão nas áreas administrativas e lojas próprias. Até o início dos anos 2000, a tecnologia utilizada nas plataformas e redes era fortemente dependente de climatização, o que provocava um efeito de sazonalidade no consumo. Após 2010

esta característica foi mudando com a modernização da rede, agora baseada em equipamentos com menos necessidade de refrigeração. O consumo de energia elétrica acompanha, atualmente, mais de perto a variação no tráfego da rede.

Nesta empresa, 80% da energia elétrica atende aos *sites* externos e 20% aos prédios. Na planta modernizada, de 3 a 5% do consumo dos *sites* é para climatização. Nos prédios, a climatização representa 30% do consumo pois aí se encontram os *data centers* e centrais de telecomunicações, com equipamentos que são mais dependentes de refrigeração. Mesmo nesses equipamentos, com o processo de virtualização dos *data centers*, com topologia de nuvem e mais descentralização, a tendência é de redução do percentual de climatização na operação. A empresa estima que os custos com climatização se mantenham em redução nos próximos 5 anos.

Os investimentos em modernização da planta permitiram ainda, neste mesmo período, ganhos de eficiência energética, com redução no consumo, para a mesma planta e nível de tráfego, de cerca de 30%. Ainda assim, a expansão da rede pelo crescimento da base de clientes e do tráfego mantém o crescimento do consumo no patamar de 10 a 12% ao ano.

6.1.4 Impactos da interrupção no fornecimento de energia ou racionamento compulsório na prestação do serviço

A receita de utilização dos serviços de um *site* está diretamente vinculada ao seu funcionamento. Se o *site* cai, a receita deixa de ser gerada pelo período em que fica inoperante. Nos casos em que a energia não seja totalmente interrompida mas seja de menor qualidade ou haja intermitência, a receita não é perdida por completo mas há aumento de custo para a eventual alocação de unidade geradora somado à redução da vida útil das baterias. Uma bateria deveria ter vida útil de cerca de 5 anos. Atualmente, com os problemas no fornecimento de energia, a vida útil média das baterias tem sido de 3 anos. São gastos cerca de R\$ 40 milhões em troca de baterias anualmente. Este custo não é apenas causado pela falta de energia, mas também por vandalismo (roubos). Cerca de 60% deste custo é devido a problemas no fornecimento de energia (qualidade de energia no *site*). Nos *sites* e prédios que

utilizam geradores (GMG) o acionamento destes equipamentos produz, além do custo de combustível, custo adicional de manutenção.

O mercado de prestação de serviços de telecomunicações é muito competitivo. A qualidade na prestação dos serviços é fator fundamental na aquisição e manutenção dos clientes. Além disto, telecomunicação é considerado um serviço de utilidade pública, é regulamentado pela ANATEL, e as operadoras devem atender a vários indicadores de qualidade sob pena de multa, ou no limite, à perda da autorização para prestação do serviço. Em regiões onde o atendimento energético é crítico, a interrupção do serviço gera multas regulatórias, além de sanções de órgãos de proteção ao consumidor, como PROCOM.

Das reclamações sobre qualidade do serviço da Empresa A registradas no *call center* da ANATEL, 8 a 9% são referentes à falta de cobertura da rede. Excluindo-se as reclamações relacionadas à falta de cobertura onde realmente não há cobertura, restam ainda cerca de 5% destas reclamações, onde há cobertura de sinal. Os principais problemas que podem ocasionar este tipo de reclamação são falhas no fornecimento de energia e congestionamento da rede. Há ainda reclamações de indisponibilidade do *site*, que podem ter ligação direta com falhas de energia ou vandalismo. Indisponibilidade representa, atualmente, cerca de 5% das reclamações relacionadas à qualidade dos serviços. Atualmente problemas de vandalismo são relativamente poucos se comparados aos de fornecimento de energia.

Uma questão abordada pelos entrevistados é que as obrigações regulatórias da prestadora de serviço quanto à cobertura de sinal abrangem toda a área autorizada, ou seja, localizações com maior retorno para o negócio (lucrativas) e outras áreas que serão atendidas apenas pela demanda regulatória e não são rentáveis economicamente. Via de regra são também estas áreas, não atrativas economicamente, as mais afetadas pela má qualidade do fornecimento de energia. São locais de difícil acesso e falhas de energia costumam se estender por vários dias. Investimentos que por estratégia do negócio deveriam ser alocados em localizações mais lucrativas são deslocados para outras que são atendidas apenas pela demanda regulatória. O custo de manutenção e o investimento por *site* é maior em regiões onde o fornecimento de energia é mais instável.

O modelo de contrato entre as distribuidoras de energia e operadoras de telecomunicações não prevê cláusulas específicas de ressarcimento para casos de interrupção no fornecimento ou mesmo indicadores para garantir qualidade no fornecimento de energia, além daqueles previstos na regulamentação pela ANEEL para as distribuidoras em geral, ainda que a baixa qualidade dos serviços possa expor a operadora de telecomunicações a multas e sanções pela agência reguladora. Existem iniciativas junto aos órgãos reguladores para ajustes das obrigações regulatórias como os prazos e metas de atendimento do fornecimento de energia e de telecomunicações. Nas contratações no mercado livre, pode haver cláusulas de garantia no fornecimento, mas se referem apenas à geração, que é o objeto do contrato e não dão cobertura para os casos em que o problema for referente à distribuidora.

6.1.5 Instrumentos e custos da proteção e contingenciamento para prevenção e mitigação de riscos por interrupções ou racionamento de energia

Toda a operação da rede depende de alimentação elétrica. A empresa possui geradores a diesel (GMG) para atender aos prédios próprios em caso de falta de energia. Para os *sites*, prevê através dos contratos de operação e manutenção com terceiros, a alocação de geradores após 4 horas de queda de energia. Ou seja, é aceito que um *site* somente com acessos finais de clientes possa sofrer interrupção por queda de energia. No entanto, se o equipamento estiver no meio de rotas e interligando outros *sites*, não podem estar sujeitos a este tipo de interrupção e possuem previsão de aluguel de geradores em seus contratos de manutenção, cujo custo adicional é pago quando utilizado, ou seja, se os geradores são acionados. Este custo do uso de geradores é somado à conta de manutenção. Um site externo tem autonomia de operação entre 4 a 8 horas em média, sem energia, com utilização de baterias. A empresa define a autonomia da bateria que será colocada em função da criticalidade do *site*: se atende apenas aos clientes no local onde se encontra ou se está inserido em uma cadeia de sites interligados, pois neste caso, se ficar inoperante por falta de energia, interromperá vários outros. Estes sites no meio da cadeia, ou seja, críticos, são marcados de forma especial. Para tais, além da autonomia de pelo menos 8 horas, há também serviço de alocação de geradores.

Cerca de R\$ 1,2 milhões anuais são gastos com o acionamento de geradores, dentro do custo total de manutenção, que na empresa, é de cerca de R\$190 milhões por ano.

6.1.6 Impactos percebidos pela empresa relacionados à crise hídrica de 2014/2015 e medidas para mitigá-los

O maior impacto foi, sem dúvida, o aumento médio de 51% no custo da energia contratada no mercado regulado. A Empresa A destaca que aumentos desta monta configuram cenário de incerteza que não consegue ser absorvido pelo planejamento orçamentário. Todos os contratos de energia foram revisados para tentar compensar o aumento das tarifas. No fim, o aumento líquido foi de 43%.

Houve percepção de aumento nas interrupções pontuais de energia, mas não foi medido. Durante o pico da crise percebeu-se incremento no número de desligamentos e uso mais frequente dos geradores. Nos prédios onde a empresa possui geradores próprios, foi possível avaliar a maior utilização do GMG. Nos demais *sites*, degradação no fornecimento de energia foi percebida, mas sem medição formal para comprovação da dimensão dessas interrupções.

Quando ficou mais evidente a possibilidade de ser decretado racionamento de energia, a matriz da empresa, com sede no exterior, enviou um grupo de trabalho para o Brasil. Este grupo, em conjunto com a equipe brasileira, elaborou plano de contingência e negociou propostas de contratos com fornecedores para tratamento e alocação de geradores nos *sites*. O cenário previsto no plano mostrava-se bastante crítico em função do modelo de rede, com *sites* distribuídos e em terrenos alugados, topos de prédios etc. Foi um árduo esforço administrativo para a negociação pois nestes locais não haveria onde colocar GMGs. Nos topos dos prédios, por exemplo, a alimentação elétrica é feita pela própria distribuidora com relógios independentes como uma unidade consumidora adicional.

6.1.7 Iniciativas de autoprodução de energia elétrica

Não há, no momento, iniciativas de autoprodução em implantação ou já ativas, além dos geradores próprios a diesel utilizados como contingência. Os estudos realizados até agora não se mostraram viáveis. No esforço empreendido

para encontrar soluções e reduzir os impactos do aumento de custos de energia elétrica na crise de 2015, a empresa analisou, de forma aprofundada, opções para autoprodução nos prédios próprios (150 prédios onde hoje já existem geradores): uso de geradores com combustíveis alternativos como gás e geradores à energia solar. Estes projetos utilizariam a área dos prédios onde hoje está instalado o GMG.

Estão em andamento estudos de autoprodução de energia a serem executados em parceria. A ideia é que a energia gerada seja injetada na rede pública em alta tensão, para compensação nos contratos feitos no mercado regulado e em contrapartida aumentar a contratação para suprimento próprio no mercado livre.

Outra iniciativa sendo delineada, mas ainda sem projetos em implementação, é a de geração distribuída (GD) nas unidades com contratos de baixa tensão (80% do consumo). A empresa entende que os programas de eficiência energética para estas unidades já esgotaram suas possibilidades de redução no consumo de energia e os resultados adicionais são escassos, considerando-se que a planta modernizada tem menor necessidade de condicionamento. A tecnologia 2G, com maior consumo de energia, já foi quase toda substituída e chegou-se ao limite de otimização no consumo. Outro fator que indicaria a solução de geração distribuída para as unidades de baixa tensão é o cenário de instabilidade dos custos de energia experimentado entre os anos 2012 a 2015: houve redução de 20% nas tarifas em 2012 e aumento líquido de 43% em 2015. Como estes *sites* correspondem a 80% da planta e ampliou-se a percepção de imprevisibilidade na variação do custo de energia, houve grande expectativa de que o modelo de geração distribuída tornar-se-ia uma alternativa para a crise energética. As prestadoras de telecomunicações reuniram-se e, coordenadas pelo Sindicato Nacional das Empresas de Telefonia e de Serviços Móveis Celular e Pessoal (SindiTeleBrasil), estudaram propostas e mecanismos onde pudessem aproveitar sinergias nos investimentos em projetos de GD. No entanto, na visão da Empresa A, o modelo regulatório aprovado para GD foi decepcionante. O limite de potência de 5 MW e todas as exigências envolvidas para que cada unidade seja implantada e levando-se em conta o número elevado de unidades que a empresa de telecomunicações necessitaria para atender às suas demandas (no caso da Empresa A são mais de 15.000 sites em baixa tensão)

tornam a solução inviável. As obrigações decorrentes do modelo, como a posse dos terrenos, são incompatíveis com o volume de energia e pulverização dos sites necessários para atender a uma prestadora de telecomunicações. O arcabouço administrativo necessário extrapola a área de atuação do negócio de telecomunicações e inviabiliza o modelo.

6.1.8 Iniciativas de eficiência energética

A Empresa A implementou um programa de eficiência energética fundamentado em grande parte nas decisões estratégicas de construção de rede. Toda ampliação de rede deve ser planejada e implementada incluindo os objetivos de ganhos em eficiência energética. A primeira decisão tomada segundo esta diretriz foi a de modernização da planta. Ainda que o menor consumo de energia não seja o fator de maior peso na escolha de fornecedores, este é sempre um dos parâmetros considerados nos critérios de seleção para modernização da rede. Quando se iniciou a implantação da rede com tecnologia 4G, em 2011, a empresa já sabia que precisaria modernizar a rede 2G para que pudesse suportar as redes 3G e 4G. Os critérios para modernização abrangiam o dimensionamento do aumento de capacidade de tráfego. Após a triagem inicial dos fornecedores que estavam aptos para o processo, foi utilizado um critério de seleção que exigia, para a nova rede, consumo de energia 30% menor em relação à rede anterior. O mesmo processo foi utilizado nos anos seguintes. O investimento para a modernização completa da planta foi de R\$ 1,3 bilhão e a redução líquida total no consumo de energia ficou em 20%. Duas condições adicionais orientam as decisões de construção para a expansão da rede. O planejamento não é aprovado se as seguintes condições não forem atendidas:

- 1) Fazer todo o possível para garantir 100% de compartilhamento de planta, ou seja, toda construção de nova rede deve ser feita com contrato de compartilhamento de estrutura com alguma outra operadora de telecomunicações. Assim, a construção da rede 4G tem sido feita com

contratos de *RAN sharing*¹. O principal fator para esta decisão é a redução dos investimentos, mas além disso, e talvez com maior relevância, a redução das despesas operacionais, sendo energia o principal componente das despesas operacionais da rede.

- 2) Todo o crescimento da planta é projetado com a certeza de que tudo da rede antiga que poderia ser desligado para sustentar esse crescimento foi desligado. Esse processo é chamado de *refarming*² e tem sido muito utilizado pela empresa. Só se entra com o 4G novo, utilizando uma nova faixa do espectro de frequências, se houver certeza de que não é possível substituir uma parte do espectro antigo, já utilizado pelo 2G, pela nova tecnologia 4G. Com isto, 80% do crescimento em 4G tem sido feito desligando-se uma portadora do 2G e entrando com o 4G no lugar, utilizando a mesma faixa de frequências. Assim é garantida nova cobertura sem aumento do consumo de energia. Esta ação estratégica também está vinculada à construção de rede.

Há também projetos de construção de rede que, que trazem ganhos de eficiência energética mesmo não sendo este o objetivo principal para a construção,. É o caso da construção de *biosites*: são postes dedicados para o fornecimento de serviços de telecomunicações (não são utilizados os postes de energia elétrica já existentes), nos quais posteriormente é incluída a iluminação pública. O ganho em eficiência energética do *biosite* decorre da decisão mais criteriosa para a localização do equipamento, e não do aproveitamento de estrutura existente em topo de prédio ou poste de energia elétrica. O dimensionamento específico para a demanda naquela localidade permite uma cobertura de área maior com menor consumo de energia. Estes postes são colocados para atender à demanda específica de tráfego 4G; não são colocados outros equipamentos 2G ou 3G e o consumo de energia é menor.

¹ RAN (*Radio Access Network*) *sharing* – recurso de arquitetura de rede de telecomunicações móveis que permite o compartilhamento da estrutura da rede entre diversas operadoras. O compartilhamento pode ser implementado em diferentes níveis, desde apenas o primeiro ponto de acesso até o compartilhamento do núcleo, ou *core* da rede.

².*Refarming* – reorganização do uso do espectro de frequências para uma utilização mais eficaz.

Com o objetivo específico de melhorar a eficiência energética na rede já existente a empresa está implementando aplicações de *software* (*features*) nos equipamentos 2G e 3G. Estas aplicações analisam o tráfego na rede e, com base no resultado da análise desligam seletivamente parte dos equipamentos, colocando-os em *standby*. A rede 2G ainda é preponderante para tráfego de voz, em localidades sem cobertura ou com baixa cobertura da rede 3G. Quanto ao tráfego de dados, quase 90% é coberto com 3G, 10% com 4G e uma parte irrelevante é cursada na rede 2G. Considerando que ainda não é possível desligar a rede 2G, pois, pela regulamentação é preciso mantê-la por 5 a 10 anos, a instalação destas *features* é o que é possível fazer para melhorar a eficiência energética. O processo já feito foi feito para toda a rede 2G, e está em testes na rede 3G. Para a rede 4G ainda não foi feito o estudo de implementação. A implantação na rede 3G ainda é experimental pois tem-se percebido que a *feature* de redução de consumo de energia afeta os indicadores de qualidade do equipamento: se o equipamento está em *standby* e houver demanda naquele momento, o tempo de resposta é degradado em alguns segundos até que aquela unidade seja reabilitada e possa entrar em operação para trafegar voz ou dados. Este tempo de resposta depende da sensibilidade do *site* e pode ocasionar queda da ligação, e outros impactos. Em 2016 foram previstos investimentos de R\$ 4 milhões para redução de R\$ 9 milhões em consumo de energia (o modelo de contrato para essas *features* é o de *success fee*). Espera-se redução no consumo por volta de 20 a 25% de consumo de energia na planta com a aplicação destas *features*, sem degradação da qualidade. Esse é um programa massivo cujo sucesso está sendo avaliado para que seja expandido para toda a rede. Os primeiros testes indicam que algumas soluções de alguns fornecedores são melhores que outras e o sucesso ou eficiência também depende do perfil de tráfego naquele *site*.

6.1.9 Cenário de maior severidade para a empresa: reduções menores por um período mais longo ou mais profundos por curto período de tempo.

Racionamentos prolongados trazem maior impacto para o negócio. No entanto, se o processo for coordenado e com prazo para a empresa se preparar, parte das perdas pode ser evitada ou mitigada. O mais danoso é o cenário de incerteza, que não permite a absorção dos efeitos pelo planejamento. Ou ainda mais

grave, o aumento das tarifas muito acima de qualquer projeção orçamentária, como aconteceu em 2015.

6.1.10 Disposição a pagar sobrepreço para evitar um racionamento de energia

A Empresa A não consegue avaliar com isenção esta disposição a um aumento tarifário no cenário em que já houve um aumento de cerca de 50% nas tarifas sem a garantia da segurança plena no abastecimento. Num exercício de cálculo, se a questão for colocada em um cenário de preços mais estáveis, a empresa supõe que um aumento de no máximo 10 a 15% seria razoável para racionamentos mais profundos, com redução de 25 a 30% do consumo. De forma semelhante, para o caso de racionamentos mais prolongados, o sobrepreço aceitável seria também de no máximo 10 a 15% para evitar racionamentos de até 1 ano.

6.2 Empresa B

6.2.1 Perfil da empresa

A Empresa B é operadora de multisserviços de telecomunicações. Atua com a prestação de serviços de telefonia fixa, móvel, banda larga fixa e móvel, TV por assinatura, redes dedicadas de dados, longa distância nacional e internacional e outros. A empresa opera em todo o território nacional com todos os serviços.

6.2.2 Perfil do consumo de energia elétrica

Para atender à operação dos serviços, a empresa possui mais de 65.000 unidades consumidoras (UC) de energia elétrica, atendidas pelas concessionárias distribuidoras. São unidades de diversos níveis de consumo e estão localizadas em todo o território nacional. São prédios de grande porte (operacionais, administrativos, comerciais ou mistos), com concentração de múltiplos equipamentos e unidades de condicionamento. As UCs podem ser também unidades distribuídas, equipamentos instalados nas ruas e edificações das cidades como antenas e unidades remotas de atendimento. Podem ser ainda unidades em áreas não urbanas. A empresa é cliente de 63 distribuidoras de energia brasileiras.

O dispêndio anual com compra de energia elétrica é de cerca de R\$ 1 bilhão, não considerando os custos com combustível para geradores ou com baterias e outros equipamentos de geração própria. A contratação da energia é feita 82% no mercado regulado e 18% no mercado livre: 44 prédios são atendidos por contratações no mercado livre e as demais unidades consumidoras estão no mercado regulado.

O consumo não é sazonal e o maior volume está concentrado nos grandes prédios: 97 unidades representam 44% do total de energia elétrica consumida; 1700 unidades consumidoras respondem por 56% do consumo total de energia. Ou seja, em cenário de necessidade de corte no consumo não é viável trabalhar com as pontas da rede,

O planejamento da empresa é aumentar a participação da contratação de energia no mercado livre para 30% a 35% do total.

6.2.3 Utilização da energia elétrica na cadeia de produção da empresa

A Empresa B possui infraestrutura de prédios com equipamentos para atender aos serviços de telefonia fixa, banda larga fixa e serviços de longa distância nacional e internacional em todo o território nacional. Estes equipamentos exigem ambientes com temperatura controlada, fazendo que 55% da energia consumida pela empresa seja utilizada para climatização. Adicionalmente, 10% do consumo é para uso predial em elevadores, iluminação, bombas d' água e equipamentos administrativos. Os 35% restantes fornecem alimentação direta para a operação da rede. São 1737 prédios, com contratos em média tensão no mercado regulado, consumindo 44% da energia. Os 44 prédios abastecidos através de contratos no mercado livre consomem 16% do total da energia, como mostra a Figura 12. A tendência, pelo planejamento da empresa, é o crescimento do percentual atendido pelo mercado livre. Assim 1781 prédios das mais de 65.000 UCs respondem por 60% do total da energia consumida.

Figura 12 - Consumo de energia por tipo de unidade consumidora na Empresa B

Fonte: Empresa B

6.2.4 Impactos da interrupção no fornecimento de energia ou racionamento compulsório na prestação do serviço

O primeiro impacto percebido pela Empresa B é financeiro, de aumento de despesas. Quando torna-se necessário o acionamento de geradores, em caso de falta ou escassez de energia, o custo da geração elétrica é 2,35 vezes maior que o valor médio pago no mercado livre para o mesmo prédio. Num segundo momento, se a interrupção for mais prolongada em razão de racionamentos compulsórios por períodos mais longos, a prestação dos serviços é afetada. Inicialmente, o acesso dos clientes pode ser interrompido se a falta de energia prolongar-se por períodos maiores que a autonomia das baterias de reserva do ponto de acesso. Além da perda da receita de uso, a indisponibilidade do serviço expõe a empresa a penalidades regulatórias como multas e obrigação de ressarcimento dos clientes pelo período em que o serviço ficou indisponível.

6.2.5 Instrumentos e custos da proteção e contingenciamento para prevenção e mitigação de riscos por interrupções ou racionamento de energia

As estações telefônicas e os *sites* são classificados em função de sua criticidade nas classes 1, 2 e 3 (uma ponderação levando em conta o tamanho o

tipo de serviço que opera, a quantidade de clientes diretamente afetados pela estação e outros fatores). Para proteção dos *sítes* classe 1, a empresa possui um parque de 4.000 geradores a diesel. Estes equipamentos são mantidos em regime de *standby*; a empresa não adota, por enquanto, o regime de cogeração. A autonomia de operação em caso de falta de energia nestas unidades é limitada pelo tamanho do reservatório de óleo, que exige reabastecimento periódico. Todo o núcleo principal, ou *core* da rede é protegido com geradores a diesel.

Para a grande maioria das estações classe 2 ou 3 os recursos de proteção utilizados são as baterias que atendem aos *sítes* de telefonia móvel, armários de rua da telefonia fixa e banda larga, e demais unidades de menor porte. Nestes casos a autonomia é limitada pela capacidade da bateria. Nestas estações de médio e pequeno porte o tempo de autonomia das baterias utilizadas é calculado em função da distância que a equipe de manutenção precisa percorrer para alcançá-la, da criticalidade da unidade e da qualidade do fornecimento de energia na estação. Nas estações de grande porte, em locais centrais nas cidades, com histórico baixo de interrupções no fornecimento de energia, a autonomia das baterias é menor. Para as estações com histórico de falhas de energia frequentes, a autonomia das baterias é maior. *Sítes* de telefonia móvel, em geral, têm baterias com autonomia de 4 horas. Em falhas de maior duração, haverá interrupção na prestação do serviço para os clientes que acessam os serviços nesta estação.

As grandes rotas interurbanas de transmissão são protegidas de forma estrutural: possuem pelo menos três vias de saídas, com contingência para proteção; se uma cair, outras a substituirão. A cada 50 km estas redes possuem regeneradores de sinal ou reforçadores, que são também alimentados pelas distribuidoras de energia elétrica. Estes regeneradores são protegidos com baterias de 4 horas de autonomia. No caso da ocorrência de grandes apagões, que impactem toda uma região por um tempo mais longo, todas as rotas de redundância podem ser inviabilizadas. Neste caso, nos centros das capitais e nos grandes prédios haverá a proteção dos geradores, mas o acesso a outras regiões não será possível pela interrupção das redes de transmissão e suas rotas alternativas.

Considerando os dois componentes principais de geradores de reserva e baterias, quase 100% da rede está protegida para falhas pontuais de energia. Para

falhas mais prolongadas, por exemplo em períodos de chuvas fortes como as que acontecem frequentemente no verão da Região Sudeste, algumas áreas ficam 2, 3 ou até 4 dias sem energia, e o serviço é interrompido. Não há como trocar baterias ou colocar geradores nestes casos e os consumidores dessas áreas que ficaram sem a prestação do serviço têm pela regulamentação direito ao ressarcimento dos valores pagos correspondentes ao período em que o serviço ficou indisponível. Esse custo é assumido pela prestadora.

6.2.6 Impactos percebidos pela empresa relacionados à crise hídrica de 2014/2015 e medidas para mitigá-los

Em 2014, com o agravamento da crise hídrica e os sinais de que poderia ser decretado racionamento compulsório de energia, foi implementado um conjunto de ações com investimentos em torno de R\$ 4,5 milhões para reforçar todo o modelo de contingências e suportar eventual período de escassez de energia. Foi ampliado o parque de baterias e houve reforma e implantação de mais geradores, garantindo a proteção de todo o *core* da rede. A análise do cenário de janeiro e fevereiro de 2014 indicava que o racionamento poderia não ser oficial, mas haveria cortes seletivos de energia em algumas áreas, o chamado “acionamento branco”. Foi prevista também uma sobretaxa nas tarifas. A última opção seria a redução do consumo. Para o cenário de racionamento, a proposta da empresa seria de desligamentos seletivos de alguns equipamentos e regiões e manutenção do *core* da rede. Para corte linear, quando a redução é compulsória, a ação da empresa seria a de utilizar os geradores no horário de ponta. Este modelo foi praticado no racionamento de 2001, e a empresa preparou-se para isso em 2014 e 2015

Em resumo, para cortes seletivos das distribuidoras a empresa se protege com baterias. Quando é exigido o corte linear, a empresa passa a fazer geração própria utilizando diesel. Com a estrutura atual não é possível, por exemplo, cortar 20% do consumo apenas com medidas de redução por otimização dos processos, hábitos e costumes.

Houve ainda o impacto do aumento das tarifas de energia. Os reajustes tarifários foram acontecendo durante o ano de acordo com o mês de vencimento de cada concessionária distribuidora e o impacto deu-se nos meses seguintes.

Somando-se todos os reajustes (tarifário, bandeira tarifária, extraordinário) o montante médio em 2015 foi de 51%. O preço de liquidação das diferenças (PLD), que é referência para valoração das negociações de energia no mercado de curto prazo, ou preço *spot* da energia sofreu variações de mais de 100% entre os anos de 2013 a 2015. O PLD médio de 2013 foi de R\$ 260,53, em 2014 foi de R\$ 653,52 e passou a R\$ 283,09 em 2015. No ano de 2016 o PLD médio ficou em R\$ 115,71. Negociações de contratos novos no mercado livre entre 2014/2015 seriam ainda mais onerosas para a empresa neste período. A Empresa B vê cenário futuro com perspectivas de melhoria de preços, pois as interligações no SIN estão mais robustas, o risco hidrológico está com tendência de queda e novos investimentos em geração de grande porte estão entrando em operação. A queda no consumo de energia em função da recessão da economia também afasta o risco de racionamento.

Em resumo, o cerne das ações da empresa para enfrentar a crise energética de 2014 e 2015 consistiu em blindar o núcleo da rede e garantir proteção parcial na parte de acesso à rede. As ações são graduadas em função da criticalidade das estações: proteção total para mais de cem estações consideradas mais críticas, em seguida o *backbone*, as estações de grande porte e por fim os armários descentralizados.

Foi feito um estudo de quais estações deveriam ser preparadas para transferência em rampa (maiores detalhes no item 6.2.9), para cobrir um corte de energia linear de mais longo prazo. Como o racionamento acabou não ocorrendo, a empresa absorveu o aumento das tarifas.

6.2.7 Iniciativas de autoprodução de energia elétrica

A empresa tem em andamento um projeto de produção de energia fotovoltaica, no modelo de fazendas solares, em geração compartilhada. A iniciativa foi aprovada com base na entrada em vigor da Resolução Normativa N° 687 (ANEEL, 2015), que regulamenta a geração distribuída, com o propósito mais imediato de redução de custos de energia mas também como *hedge* em caso de racionamento compulsório. Na visão da empresa, se o montante a ser reduzido em caso de racionamento for de 10% do consumo, já se obteria a compensação através

da autogeração. A empresa entende que o limite atual regulamentado para geração distribuída de 5 MW inviabiliza para projetos utilizando energia eólica.

Outros modelos de autogeração, como utilização de geradores a diesel, por exemplo, não são viáveis para o perfil consumo da empresa devido à necessária adaptação da rede (que é um trabalho de médio ou longo prazo), ao número de geradores necessários, aos custos da geração (que são pelo menos 2 a 3 vezes o valor dos contratos existentes no mercado livre) e à adequação da interligação que depende também da distribuidora de energia. São interfaces contratuais com 63 distribuidoras diferentes, com processos, regulamentos e prazos a serem negociados. A característica pulverização da operação do setor de telecomunicações torna a relação com as distribuidoras mais complexa. Apesar de ser um dos maiores clientes de energia, o tratamento é de cliente sem prioridade assegurada para o fornecimento em caso de alguma falta ou emergência no setor elétrico. O status é bastante diverso do caso de uma indústria concentrada em uma área ou em um parque industrial.

6.2.8 Iniciativas de eficiência energética

A questão da eficiência energética e otimização dos custos tem recebido tanta atenção na Empresa B que, em julho de 2015, foi criada uma diretoria específica para o tema. Além do projeto de fazendas solares, como já comentado na seção 6.2.7, a diretoria tem a meta de alcançar entre 30 a 35% da energia contratada no mercado livre. As ações mais emergenciais são a troca da iluminação nos prédios por lâmpadas de LED e a substituição de máquinas de refrigeração por equipamentos mais econômicos. O investimento aprovado para eficiência energética e geração distribuída chega a R\$ 380 milhões. Há ainda estudos em andamento para avaliar a utilização dos geradores a diesel em horários de pico para redução de custos.

6.2.9 Cenário de maior severidade para a empresa: reduções menores por um período mais longo ou mais profundos por curto período de tempo

Se o racionamento for seletivo, ou seja, falta de energia em alguns locais em determinados horários atingindo os acessos finais ou pontas, o maior impacto é na qualidade dos serviços para número limitado de clientes com o consequente impacto

financeiro da redução de receitas, multas e ressarcimento aos clientes. Se for corte linear no consumo o maior impacto será financeiro, pela necessidade de geração complementar de energia a óleo, com perdas adicionais decorrentes do desgaste dos equipamentos como descrito em seguida. Os geradores são instalados e implantados para trabalhar em *standby*. Quando torna-se necessário um funcionamento contínuo por prazos maiores, como um ano, aumenta o custo com a manutenção dos geradores, além do consumo de combustível. Além disso, maior alternância entre o uso de geradores e alimentação da distribuidora de energia trazem problemas técnicos à rede. A repetida entrada e saída dos geradores em um período prolongado afeta a eletrônica dos equipamentos de telecomunicações. Quando é desligada a energia da distribuidora e acionado o gerador há um “tranco” na planta de telecomunicações. Igualmente, ao desligar-se o gerador e retornar-se à alimentação da distribuidora, outro “tranco” é gerado. Repetido no mínimo duas vezes por dia, com o tempo isto afeta a operação e a vida útil dos equipamentos da planta. A eletrônica não é projetada para ser ligada e desligada com alternância das fontes geradoras de energia. Para proteção contra esses impactos, há necessidade de instalação nos grandes prédios, de equipamentos que alterem a forma de transferência de carga da distribuidora para a unidade para uma transferência em rampa. Esta proteção extra exige investimentos adicionais, além de projetos junto às concessionárias de energia, o que demanda tempo. É preciso refazer o projeto de interligação. Este é um cenário de longo prazo e que, ainda assim, exigiria a contrapartida do setor elétrico. O setor elétrico precisaria agilizar o atendimento aos projetos de alteração do sistema de interligação de cada prédio e cada prédio implica num projeto novo. Só no mercado de média tensão são 1700 prédios, e o mesmo procedimento seria necessário nos prédios de baixa tensão. Portanto, é uma ação para médio e longo prazo.

Entre as opções de racionamentos mais profundos e de menor duração ou menos profundos com maior duração, a empresa entende que o mais crítico seriam racionamentos mais longos, o que não significa que os dois fatores não sejam importantes. Num período mais longo a empresa deveria tomar medidas que vão do contingenciamento pontual do problema a soluções sistêmicas. O longo prazo exigiria medidas estruturantes, como reforçar a compra de geradores, férias coletivas, redução da jornada de trabalho etc. O volume de multas, ressarcimentos

pela não prestação do serviço e reclamações através de órgãos de defesa do consumidor teriam um impacto tão grande quanto os de aumento dos custos. Neste caso, haveria até mesmo a possibilidade de solicitação junto à ANATEL de revisão ou supressão dos padrões de qualidade exigidos para os serviços, com justificativa de força maior, como pode acontecer em ocorrências de catástrofes.

6.2.10 Disposição a pagar sobre preço para evitar um racionamento de energia

A percepção de quanto a empresa estaria disposta a pagar para não se submeter a um racionamento ou contenção de energia está contaminada pelo aumento das tarifas já ocorrido em 2015, cerca de 51%. No momento, a operadora não vê espaço para qualquer aumento adicional dos preços.

No cenário atual, a empresa não consegue mensurar quanto estaria disposta a pagar para não ter racionamento de energia. A posição da empresa é de que o consumidor não está mais disposto a arcar com o custo de distribuição e transmissão e ainda pagar por perdas de energia que estão embutidas na tarifa. Ele não aguenta assumir o ônus pela ineficiência das distribuidoras, que não cumprem padrões de confiabilidade na entrega e deixam os clientes muito tempo sem suprimento. As indenizações que porventura são pagas se tornam ínfimas perto das perdas provocadas à operadora pela interrupção. A relação está desequilibrada, desproporcional e, em caso de um racionamento ainda haveria necessidade de investimento adicional para contingências. A empresa evoca a Resolução Normativa 414, de 2010, da ANEEL, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica e, no capítulo sobre serviços essenciais, lista as atividades cuja interrupção coloque em perigo iminente a sobrevivência, a saúde ou a segurança da população. O serviço de telecomunicações é considerado essencial na resolução e deveria ter prioridade com relação à continuidade da prestação do serviço.

6.3 Considerações das empresas A e B sobre as agências reguladoras

Em todas as entrevistas realizadas nas empresas A e B a questão do relacionamento entre as agências reguladoras dos dois setores foi levantada. Na visão das empresas, há assuntos comuns entre os setores que precisam ser coordenados, levando-se em conta que ambos são considerados serviços essenciais para a população. Um desses pontos, segundo as empresas, seria a

coordenação dos acordos de níveis de serviços para setores regulados. Se um nível de disponibilidade é exigido do serviço de telecomunicações e o mesmo depende do fornecimento de energia, a obrigação regulatória da distribuidora responsável por aquela unidade de consumo deveria ter prazo para recuperação da energia, em eventos de falha, em tempo menor àquele exigido nas metas de qualidade dos serviços de telecomunicações.

As duas empresas relataram que as áreas de estratégia e regulatória têm pleiteado junto à ANATEL essa aproximação com a ANEEL. Além dos prazos de atendimento aos serviços há outras sinergias que podem ser coordenadas pelos órgãos reguladores como a utilização de postes para a passagem de cabos e fibras.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.1 Análise de impactos nas empresas pesquisadas

Alguns pontos se evidenciam na análise das informações obtidas pela pesquisa nas empresas:

- a) Fica explícito que para ambas as empresas, a energia elétrica é insumo essencial para a operação dos serviços. Restrições no fornecimento de energia, seja por interrupção em localidades específicas ou por racionamento compulsório, afetam o resultado econômico do negócio em um ou mais aspectos, como redução das receitas de uso do serviço, aumento dos custos pela maior frequência no uso de geradores a diesel, baterias e degradação dos equipamentos, e exposição a multas e sanções por não atender à qualidade dos serviços requerida pela regulamentação do setor.
- b) O nível de proteção contra falhas de energia dado aos equipamentos é semelhante nas duas empresas pesquisadas. Ambas classificam os equipamentos em 3 níveis de criticalidade em função do número de clientes e dos serviços que serão afetados em caso de interrupções. Dispõem de geradores próprios ou alugados para todos os equipamentos de nível 1. Para os de nível 2 as empresas utilizam como contingência geradores próprios, cobertura do aluguel de geradores nos contratos de manutenção dos equipamentos ou baterias de até 8 horas de duração. Para os de nível 3 são utilizadas baterias de reserva de 4 ou 8 horas de autonomia. Em caso de interrupções mais longas do que a autonomia das baterias, a falha no serviço é assumida.
- c) As decisões estratégicas de expansão e melhoria na qualidade dos serviços incorporam o fator de segurança energética, tendo em vista sua importância para o negócio. Portanto, parte dos investimentos realizados para contingência ou mitigação dos riscos em função de falhas de energia não estão explícitos em projetos específicos para esse fim, mas inseridos nos demais investimentos da empresa.
- d) Quando em face à possibilidade de ser decretado racionamento formal de energia, com cotas de redução do consumo, cenário que se delineava nos anos 2014 e 2015, as duas empresas estabeleceram grupos de trabalho para planejar

e implementar ações, mitigar riscos para o negócio e suas consequências. A empresa A optou por não fazer investimentos diretos no primeiro momento, mas aprofundou estudos de viabilidade para alternativas de autoprodução e negociou contratos com terceiros para aluguel de equipamentos em caso de eventual necessidade de aumento no uso de geradores. A Empresa B investiu em reforço no parque de geradores próprios. Ambas implementaram programas de eficiência energética para redução do consumo em áreas não diretamente envolvidas com a operação dos serviços. A Empresa B investiu na execução de um projeto de autoprodução de energia, no modelo de geração compartilhada.

7.2 O que pode ser estendido para o setor de serviços de telecomunicações em geral a partir das evidências apresentadas pelas empresas pesquisadas.

Como destacado no capítulo 2, o setor de telecomunicações é consolidado. Quatro grupos empresariais respondem por cerca de 90% da receita bruta do setor de serviços de telecomunicações. As duas empresas pesquisadas responderam por 33% da receita bruta do setor no ano de 2015, cerca de 40% dos acessos em serviços e 29% do investimento total do setor, como mostrado na Tabela 8. Além da participação significativa destas empresas no total do setor, fatores comuns a todas as empresas permitem estender algumas evidências levantadas para o setor como um todo.

Tabela 8 - Participação das empresas A e B no setor de Serviços de Telecomunicações - 2015

	Empresas A +B	Serviços de Telecomunicações	%
Total de Acessos	137.128	346.100	39,6%
Receita Bruta (R\$ milhões)	67.320	203.827	33,0%
Investimento (R\$ milhões)	8.705	29.900	29,1%

Fonte: Elaboração própria com dados da, TELEBRASIL (2017) e TELECO (2017)

Algumas características comuns a todas as empresas do setor se destacam-se como fatores demonstrativos da importância da energia elétrica como insumo para a

cadeia produtiva das empresas e no relacionamento das empresas com o setor elétrico, em especial com as distribuidoras de energia:

- a) *A prestação dos serviços é realizada em todo o território nacional.* As empresas têm concessão ou autorização para prestação dos serviços de telefonia fixa, serviços móveis (SMP), longa distância nacional e internacional, banda larga fixa e móvel e TV por assinatura em todo o Brasil. As operadoras possuem habilitação para todos os serviços mas a participação de cada uma em cada serviço varia bastante.
- b) *A descentralização dos pontos de acesso aos serviços.* Os acessos ao serviço móvel, fixo, banda larga estão junto aos clientes dos serviços: nas antenas espalhadas pelas ruas e edificações e também nas estradas para a telefonia móvel, nas casas para a telefonia fixa. Além dos acessos de ponta, alguns equipamentos concentradores de transmissão, comutação e interligação também estão próximos aos clientes. Toda essa infraestrutura descentralizada precisa de alimentação de energia elétrica para operar.
- c) *Os serviços de telecomunicações são considerados serviços essenciais e são regulamentados pela ANATEL.* As empresas precisam cumprir metas regulatórias de qualidade dos serviços e disponibilidade. As empresas cuja habilitação é através de contratos de concessão devem, adicionalmente, cumprir obrigações de universalização dos serviços como atendimento a escolas, áreas remotas e localidades de pequeno porte, telefonia de uso público, etc.
- d) *O setor é muito competitivo, especialmente nos serviços móveis.* A regulamentação prevê facilidades para que o cliente possa mudar de operadora sem dificuldades.

Considerando que as características destacadas são comuns a todas as empresas do setor e que pelos depoimentos e informações coletadas na pesquisa de campo são também fatores críticos em relação ao insumo energia elétrica, é possível propor considerações que se aplicam, por extensão, a todo o setor de serviços de telecomunicações.

As empresas do setor precisam contratar energia de praticamente todas as concessionárias distribuidoras nacionais para atender à infraestrutura pulverizada nas pontas de acesso. Este perfil agrega bastante complexidade ao relacionamento

das empresas com o setor elétrico. Contratos no mercado livre, onde é possível negociar preços mais baixos de energia, são viáveis em unidades ou estações maiores, concentradoras de equipamentos e serviços. Há tendência de crescimento da participação deste modelo de contratos na demanda total, no entanto as unidades descentralizadas, de pequeno porte, ainda serão supridas em baixa tensão pelas concessionárias distribuidoras, no mercado regulado.

O consumo de energia elétrica não tem características de sazonalidade acentuada. As oscilações na demanda se devem a fatores do uso do serviço em si, como aumento de tráfego, que não guarda características de sazonalidade durante o ano. As estações e equipamentos são dependentes de climatização e demandam energia para refrigeração durante todo o ano de forma contínua.

Os fatores já destacados anteriormente de dependência de energia elétrica por toda a operação, os efeitos das falhas na disponibilidade dos serviços na geração de receitas e as obrigações regulatórias de qualidade na prestação dos serviços, levam as empresas do setor a se protegerem, de forma abrangente, com geradores e baterias, para mitigarem efeitos de falhas pontuais e de pequena duração no fornecimento de energia. A operação destes equipamentos já está integrada aos processos de produção das empresas e o aumento da frequência das falhas leva a um aumento nos custos de operação e investimentos. O impacto para os clientes dos serviços do setor no caso de falhas de pequena duração não é significativo. Falhas de longa duração, no entanto, não conseguem ser absorvidas pelos equipamentos de contingenciamento e levam à interrupção dos serviços.

A Figura 13 mostra a relação entre a receita bruta do setor de serviços de telecomunicações e o PIB no período de 2006 a 2015. A tendência de queda na relação Receita bruta / PIB já vinha acontecendo anteriormente: era 5,9% em 2006 e passou a 3,9% em 2015. Não houve aumento na inclinação da curva nos anos 2014/2015. A queda da receita bruta total do setor, de 1,57% em 2015 em relação a 2014, é explicada pela retração da economia no período, com queda de 3,8% no PIB.

Figura 13 - Receita bruta dos serviços de telecomunicações em relação ao PIB

Fonte: Elaboração própria com dados TELEBRASIL (2017) e IBGE

7.3 Resposta ao questionário enviado

O questionário proposto no Apêndice B, estruturado na forma do modelo de pesquisa valoração da contingência (CV), foi encaminhado aos dois diretores de cada empresa após a realização das entrevistas. O propósito do envio dos questionários foi explicado ao fim da entrevista: seria um teste para avaliar a adequação deste modelo ao setor de serviços de telecomunicações. Neste modelo as variáveis tempo e profundidade na redução compulsória do consumo de energia são combinadas para avaliar, de forma direta, a disposição do consumidor em pagar um sobrepreço nas tarifas de energia, para ter a garantia do fornecimento sem cortes ou reduções compulsórias. Estas informações poderiam ser utilizadas para, através de análises estatísticas, calcular o valor econômico da insuficiência no fornecimento de energia para os setores econômicos. As duas respostas foram recebidas.

Para a questão “Caso a empresa fosse obrigada a reduzir o consumo mensal de energia elétrica em 20% qual provavelmente seria a redução no lucro anual?” – as respostas foram redução moderada e redução significativa. Para a segunda questão, “Caso sua empresa fosse obrigada a reduzir o consumo mensal de energia elétrica em 20% qual provavelmente seria o prejuízo no volume de serviços da empresa?” - As respostas foram nenhuma redução e redução moderada.

Nas questões 3 a 5, em que o questionário solicita que sejam indicados os níveis de redução da atividade produtiva para diferentes níveis de profundidade e tempo de racionamento, uma das empresas respondeu que, dadas as características do setor, não há como avaliar essa queda. A outra empresa indicou reduções variando entre 0 para restrições menores até 10% para restrições mais severas.

Nas questões 6 a 8, em que é solicitada a disposição a pagar a mais pela energia elétrica de forma a eliminar a obrigação de redução compulsória no consumo, para as diferentes combinações de profundidade e tempo, as respostas seguiram o mesmo perfil das perguntas anteriores: uma das empresas indicou que não estaria disposta a pagar nada a mais em nenhum dos cenários e a outra marcou as opções entre 0, para restrições e tempos menores, e entre 10 a 15% para restrições e tempos de racionamento maiores.

7.4 Considerações sobre os métodos para o cálculo do custo do déficit

Ainda que com apenas 2 questionários a amostra levantada por este estudo seja bastante limitada, num setor em que 4 empresas detêm 90% dos usuários, ela pode ser significativa. Este contexto permite que algumas considerações possam ser levantadas a título de contribuição para a discussão sobre um modelo alternativo ao utilizado atualmente no Brasil, para o cálculo do CD.

A construção do questionário foi feita a partir dos conceitos propostos pelo modelo de avaliação da contingência (CV), depreendidos da análise bibliográfica sobre o tema apresentada no capítulo 5. Segundo os autores, a técnica pergunta ao consumidor diretamente quanto estaria disposto a pagar (WTP – *Willingness to Pay*) para evitar as interrupções de energia ou sua disposição a aceitar compensação (WTA – *Willingness to Accept*) por aumentos de interrupções (KJØLLE et al., 2008). No modelo aplicado neste estudo, a pergunta refere-se à disposição a pagar a mais para não sofrer restrições compulsórias no consumo de energia. E, diferentemente dos casos comuns na literatura pesquisada, a variável frequência de cortes de energia é substituída pela duração do racionamento de energia.

As entrevistas realizadas, mesmo com caráter de avaliações qualitativas e não sendo possível chegar a valores que mensurem o custo total da insuficiência de

energia para as empresas, evidenciam alguns direcionadores que podem ser utilizados como parâmetros em um modelo de cálculo do CD. As informações levantadas trazem também indicativos que, de acordo com o perfil do setor, o método de avaliação da contingência pode não ser adequado para este segmento da economia. São alguns desses indicativos:

- a) O relacionamento das empresas de telecomunicações com as distribuidoras de energia elétrica é disperso em muitos contratos diferentes, com tarifas distintas para cada concessionária. As empresas contratam energia em baixa e média tensão, com tarifas diferentes. A resposta à questão de qual percentual estaria disposto a pagar a mais para não sofrer restrições no consumo não é trivial. A resposta dada em uma pesquisa de rotina potencialmente não se baseia em análise com a profundidade necessária.
- b) Por ser serviço regulado e considerado essencial, com obrigações de manutenção da disponibilidade mesmo que haja restrições energéticas, já faz parte da operação normal das empresas uma estrutura de contingenciamento para falhas no fornecimento de energia. O investimento e custo de operação desta estrutura já faz parte da rotina do negócio de telecomunicações. Num racionamento compulsório, o dispêndio com esta estrutura aumenta, e esses valores já são conhecidos pelo planejamento das empresas.
- c) Considerando ainda o caráter de serviço essencial exposto no item anterior e a abrangência nacional da atuação das empresas, o cálculo de qual o percentual da produção seria reduzido em face a diferentes cenários de duração e profundidade do racionamento não tem resposta imediata. São muitas variáveis a serem consideradas e, provavelmente, a resposta a uma pesquisa não vai mobilizar a empresa a este exercício.
- d) No cenário atual, onde as empresas foram submetidas a aumento tarifário em torno de 51% no ano de 2015, e considerando que este aumento extraordinário não foi causado somente pela crise hídrica (que seria uma possível causa para o decreto de racionamento), as empresas não se sentem seguras para indicarem preferências sobre que percentual de sobrepreço aceitariam para evitar racionamentos. A desconfiança na política de preços praticados pelo setor elétrico pode ser fator adicional para que este modelo de pesquisa não se adeque ao setor de telecomunicações.

e) As questões propostas no modelo de avaliação contingente demandam conhecimento, experiência e poder de decisão sobre o assunto para que suas respostas tenham a confiabilidade necessária. Numa empresa de serviços de telecomunicações, com a dimensão de estrutura de negócios que apresenta, um número muito reduzido de pessoas teria o perfil adequado para respondê-las com propriedade. Decisões estratégicas com impactos financeiros expressivos são tomadas em colegiado, após análises de cenários e levantamento de informações. Pode-se supor que não deve ser esta pessoa quem será designada para responder ao questionário da pesquisa. Um dos fatores apontados por Billinton; Tollefson e Wacker (1993) como ponto fraco deste método seria a falta de confiabilidade nas respostas. Hartman, Doanne e Woo (1991) ponderam que esta abordagem não tem sido aplicada fora do setor residencial com frequência, presumivelmente porque os tomadores de decisão dentro das famílias são mais fáceis de localizar e identificar do que os tomadores de decisão dentro das empresas

Considerando os itens aqui levantados e buscando na literatura revista modelos alternativos, é possível supor que dentre os métodos de pesquisa direta com o consumidor (*survey*) o de preferência revelada seria mais consistente com o perfil das empresas do setor de telecomunicações. Beenstock, Goldin e Haitovsky, (1997) afirmam que o custo de uma interrupção pode ser deduzido das ações tomadas pelos consumidores para mitigar as perdas induzidas por eletricidade não suprida. Se as interrupções impuserem custos às empresas, é provável que os gerentes invistam em energia de becape para mitigar as perdas que são incorridas quando a eletricidade não é fornecida. Outros estudos (BENTAL; RAVID, 1982) (PASHA; GHAAUS; MALIK, 1989) indicam o investimento em geradores como parâmetro de referência que pode ser usado para o cálculo dos custos dos danos mitigados e não mitigados da interrupção de energia. Com as informações coletadas neste estudo junto às empresas pesquisadas, os investimentos e custos de operação de geradores e baterias são parâmetros disponíveis e poderiam ser utilizados, em conjunto com outros direcionadores, com segurança e confiabilidade, na construção de um modelo que se adeque ao setor de telecomunicações.

Nenhum dos métodos cobre todas as particularidades dos diversos setores da economia e todos apresentam pontos fortes e fracos, diferentes complexidades de implementação e também aspectos que podem enriquecer com informações as ferramentas de planejamento e operação do setor elétrico.

8 Conclusão

Este trabalho teve como objetivo principal relatar e analisar a percepção dos impactos decorrentes de eventuais restrições no fornecimento de energia elétrica pelas empresas do setor de telecomunicações, como consumidores de energia. Para tal, buscou-se responder à pergunta de pesquisa: “Para quais níveis de restrições de fornecimento de energia elétrica no setor de telecomunicações o resultado econômico da empresa é afetado?” O resultado obtido através de estudos de casos em duas empresas do setor indicaram com clareza que pelo caráter essencial do insumo energia elétrica para a prestação dos serviços e por ser um serviço regulado, considerado de caráter essencial para a população, as empresas investem em mecanismos de contingenciamento (geradores e baterias) para manter o funcionamento dos serviços em pequenas interrupções. A revisão da literatura realizada apresentou os modelos utilizados para estimar o valor de energia não suprida, em experiências de outros países. A maioria dos estudos propõe-se a medir os custos da não confiabilidade na distribuição da energia ou seja, as perdas incorridas em razão de interrupções no fornecimento de energia com maior ou menor frequência, e sua duração. Os métodos de pesquisa direta ao consumidor (*survey*) são utilizados em alguns modelos, além dos métodos de análise macroeconômica e função de produção, que se aproximam do que foi inicialmente usado pelo sistema elétrico brasileiro para o cálculo do custo do déficit.

A revisão da literatura realizada apresentou os modelos utilizados para estimar o valor de energia não suprida, em experiências de outros países. A maioria dos estudos propõe-se a medir os custos da não confiabilidade na distribuição da energia ou seja, as perdas incorridas em razão de interrupções no fornecimento de energia com maior ou menor frequência, e sua duração. Os métodos de pesquisa direta ao consumidor (*survey*) são utilizados em alguns modelos, além dos métodos de análise macroeconômica e função de produção, que se aproximam do que foi inicialmente usado pelo sistema elétrico brasileiro para o cálculo do custo do déficit.

Foi elaborado questionário com questões estruturadas segundo o método de avaliação da contingência, em que os consumidores são convidados a diretamente indicarem sua disposição a pagar diferentes níveis de sobrepreço no valor da

energia para não sofrerem restrições no fornecimento de energia em profundidades e prazos variados. No mesmo instrumento, os respondentes eram convidados a indicar os impactos no negócio para diferentes níveis de profundidade e prazos de racionamento. A aplicação do questionário, mesmo que para uma amostra pequena, serviu como teste de aplicação do modelo para as empresas com um perfil de consumo como o do setor de telecomunicações.

Os níveis de restrições no fornecimento de energia elétrica que afetarão o resultado econômico das empresas não são constantes ou diretamente proporcionais ao consumo total ou à duração do racionamento. A análise das informações coletadas na pesquisa de campo indicou que qualquer nível de interrupção de energia tem algum impacto econômico para o negócio de telecomunicações pois a geração própria através de geradores a diesel e o desgaste das baterias aumentam o custo operacional das empresas. Estes custos, no entanto, já estão incorporados ao planejamento das empresas. Interrupções mais longas, ou racionamentos compulsórios profundos de energia ou de longa duração, vão exigir investimentos maiores na estrutura de contingenciamento e mesmo na infraestrutura de operação da empresa que não é preparada para alternância continuada de fontes provedoras de energia. Nestes casos a operação dos serviços também vai ser afetada. O limite para a profundidade ou duração do racionamento que provocará esta mudança não é uma função direta, mas uma combinação dos dois fatores com outras variáveis do mercado (como o preço da energia) e da própria infraestrutura da empresa.

O setor elétrico brasileiro foi afetado por diversas decisões políticas e econômicas entre os anos de 2012 e 2015, que contribuíram para um desequilíbrio na estrutura de mercado e afetaram os preços da energia. Soma-se a este contexto a crise hídrica, que manteve a geração térmica, de custo de produção de energia mais caro que a média das fontes, operando praticamente em plena carga durante pelo menos dois anos. Os efeitos para os consumidores foram a alta extraordinária dos preços da energia e a percepção da iminência de decreto de racionamento de energia. Como energia elétrica é insumo primordial para o setor de telecomunicações a pesquisa de campo identificou a reação das empresas neste cenário tanto em relação aos riscos de um racionamento quanto ao aumento de

preços. Foram detalhadas medidas de contingenciamento com geradores e baterias, decisões estratégicas para expansão da rede, ações de eficiência energética para redução do consumo, aumento da participação de contratações de energia no mercado livre e iniciativas de autoprodução. Uma das empresas está investindo em fazendas solares em regime de geração compartilhada.

As respostas ao questionário indicaram um viés de desconfiança, certamente porque no cenário atual, qualquer consulta que solicite ao consumidor que indique disposição a pagar valores maiores pela eletricidade está contaminada pelo peso do aumento extraordinário ocorrido em 2015. Na avaliação deste trabalho, no entanto, o modelo não se aplicaria a setores econômicos com perfis semelhantes ao de telecomunicações, independente da questão do aumento de preços da energia. A partir das informações coletadas nos estudos de casos, dos perfis de consumo de energia das empresas e das características de negócio do setor, o modelo mais adequado para este setor econômico (e possivelmente outros com as mesmas características) seria o de preferência revelada, se a opção for a utilização de pesquisas diretas ao consumidor (*surveys*). Neste modelo o custo da insuficiência de energia é inferido através das decisões de investimento feitas pelo consumidor em equipamentos de contingência, como geradores de reserva. As considerações e análises sobre o assunto são uma contribuição deste estudo às discussões acadêmicas sobre o tema.

A principal limitação deste trabalho é o número de empresas pesquisadas nos estudos de caso. Num setor consolidado como o de telecomunicações, com apenas 4 grupos dominando o mercado, o ideal seria a realização dos estudos nas quatro empresas ou pelo menos em mais uma delas. No entanto, o escopo da pesquisa requer que as entrevistas sejam feitas com os tomadores de decisão sobre o tema nestas organizações, ou as informações levantadas não teriam a confiabilidade necessária para as análises. Em empresas do porte das operadoras, este é um desafio complexo e só foi possível contato e disponibilidade para as entrevistas em duas. Nestes casos, vale salientar, os profissionais entrevistados foram muito receptivos ao estudo, dispuseram do tempo necessário para as reuniões, forneceram os dados e informações solicitadas, reconhecendo a relevância do tema no ambiente do setor elétrico brasileiro e para a economia do País em geral.

Outro fator que limita conclusões do estudo é o cenário econômico brasileiro atual e, em especial as instabilidades de preços e estrutura de negócios do setor elétrico. Se por um lado este ambiente permite que as empresas estejam mais atentas e mobilizadas pela questão do custo da insuficiência da energia, por outro lado as análises e conclusões levantadas precisam ser vistas dentro deste contexto. Em período de estabilidade econômica e abundância no suprimento, a disposição das empresas do setor em relação ao tema pode ser diferente. Os consumidores, sejam de setores industriais, comerciais ou residenciais, se adequam de diversas formas aos cenários vigentes.

O tema do custo do déficit pode ainda ser abordado em muitos outros trabalhos. Como indicado pela literatura, os modelos de cálculo do custo da insuficiência no fornecimento da energia devem ser testados nos diferentes setores da economia e também entre os consumidores residenciais. Testes e análises combinando mais de um modelo, como um modelo de análise macroeconômica e outro de *survey* permitem avaliações comparativas entre os resultados obtidos e trazem robustez às conclusões.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, S.; MARIEL, P. Choice experiment study on the willingness to pay to improve electricity services. **Energy Policy**, v. 38, n. 8, p. 4570–4581, 2010.
- ABEEÓLICA. **Boletim de Dados setembro/2015**. [s.l.] ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica, 2015. Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/pdf/Boletim-de-Dados-ABEEolica-Setembro-2015-Publico.pdf>>.
- ANATEL - AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. **Relatório Anual 2015**. Brasília: [s.n.].
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **NT no 118/2003-SEM/ANEEL** BrasilANEEL - Agência, , 2003.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015**, 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Homologatória Nº 2.190, de 13 de dezembro de 2016**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20162190ti.pdf>>.
- BAARSMA, B. E.; HOP, J. P. Pricing power outages in the Netherlands☆. **Energy**, v. 34, n. 9, p. 1378–1386, 2009.
- BEENSTOCK, M.; GOLDIN, E.; HAITOVSKY, Y. The Cost of Power Outages in the Business and Public Sectors in Israel: Revealed Preference vs. Subjective Valuation. **The Energy Journal**, v. 18, n. 2, p. 39–61, 1997.
- BENTAL, B.; RAVID, S. A. A simple method for evaluating the marginal cost of unsupplied electricity. **The Bell Journal of Economics**, v. 13, n. 1, p. 249–253, 1982.
- BILLINTON, R.; TOLLEFSON, G.; WACKER, G. Assessment of electric service reliability worth. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, v. 15, n. 2, p. 95–100, 1993.
- CARLSSON, F.; MARTINSSON, P. Willingness to pay among Swedish households to avoid power outages: A random parameter Tobit model approach. **Energy Journal**, v. 28, n. 1, p. 75–89, 2007.
- CARLSSON, F.; MARTINSSON, P.; AKAY, A. The effect of power outages and cheap talk on willingness to pay to reduce outages. **Energy Economics**, v. 33, n. 5, p. 790–798, 2011.
- CARPIO, L. G. T. Cointegration Relationships to Estimate the Marginal Cost of Deficit in Planning a Hydrothermal System: The Case of Brazil. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 4, n. 2, p. 117–124, 2014.

CAVES, D. W. et al. The Cost of Electric Power Interruptions in the Industrial Sector: Estimates Derived from Interruptible Service Programs. **Land Economics**, v. 68, n. 1, p. 49–61, 1992.

CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Info Mercado Mensal - Dezembro 2016**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/infomercado?_adf.ctrl-state=iboqmvf4o_4&_afLoop=113987327658447>.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA - CEPEL. **Custo Explícito do Déficit de Energia – Relatório Preliminar – Relatório Técnico DPP/POG nº 991/97**. [s.l.: s.n.].

CHOWDHURY, A. A.; KOVAL, D. O. Value-based power system reliability planning. **IEEE Transactions on Industry Applications**, v. 35, n. 2, p. 305–311, 1999.

COLL-MAYOR, D.; PARDO, J.; PEREZ-DONSON, M. Methodology based on the value of lost load for evaluating economical losses due to disturbances in the power quality. **Energy Policy**, v. 50, p. 407–418, 2012.

DE NOOIJ, M.; KOOPMANS, C.; BIJVOET, C. The value of supply security. The costs of power interruptions: Economic input for damage reduction and investment in networks. **Energy Economics**, v. 29, n. 2, p. 277–295, 2007.

DE NOOIJ, M.; LIESHOUT, R.; KOOPMANS, C. Optimal blackouts: Empirical results on reducing the social cost of electricity outages through efficient regional rationing. **Energy Economics**, v. 31, n. 3, p. 342–347, 2009.

DIBOMA, B. S.; TAMO TATIETSE, T. Power interruption costs to industries in Cameroon. **Energy Policy**, v. 62, p. 582–592, 2013.

DUTRA, J.; GONÇALVES, E.; SANCHES, A. Valoração do Custo de Escassez de Energia Elétrica e Gestão de Riscos. **EletroEvolução - Sistemas de potência**, n. 76, p. 18–23, 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE) / MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME). **Anuário estatístico de energia elétrica 2015 - Dados de 2014**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20130909_1.pdf>.

GCPS- GRUPO COORDENADOR DO PLANEJAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO. **Comissão para estudo do custo do deficit - relatório final**. Rio de Janeiro: [s.n.].

GROWITSCH, C. et al. The Costs of Power Interruptions in Germany: A Regional and Sectoral Analysis. **German Economic Review**, v. 16, n. 3, p. 307–323, 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Anual de Serviços volume 16 2014**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=7150>>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Outlook 2014**. Paris:

[s.n.]. Disponível em: <www.worldenergyoutlook.org>.

JAMASB, T.; OREA, L.; POLLITT, M. Estimating the marginal cost of quality improvements: The case of the UK electricity distribution companies. **Energy Economics**, v. 34, n. 5, p. 1498–1506, 2012.

KARIUKI, K. K.; ALLAN, R. N. Evaluation of reliability worth and value of lost load. **IEEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution**, v. 143, n. 2, p. 171, 1996.

KIM, K.; NAM, H.; CHO, Y. Estimation of the inconvenience cost of a rolling blackout in the residential sector: The case of South Korea. **Energy Policy**, v. 76, p. 76–86, 2015.

KJØLLE, G. H. et al. Customer costs related to interruptions and voltage problems: Methodology and results. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 23, n. 3, p. 1030–1038, 2008.

KÜFEOĞLU, S.; LEHTONEN, M. Comparison of different models for estimating the residential sector customer interruption costs. **Electric Power Systems Research**, v. 122, p. 50–55, 2015a.

KÜFEOĞLU, S.; LEHTONEN, M. Interruption costs of service sector electricity customers, a hybrid approach. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, v. 64, p. 588–595, 2015b.

LACOMMARE, K. H.; ETO, J. H. Cost of power interruptions to electricity consumers in the United States (US). **Energy**, v. 31, n. 12, p. 1845–1855, 2006.

LEAHY, E.; TOL, R. S. J. An estimate of the value of lost load for Ireland. **Energy Policy**, v. 39, n. 3, p. 1514–1520, 2011.

LINARES, P.; REY, L. The costs of electricity interruptions in Spain: Are we sending the right signal? **Energy Policy**, v. 61, p. 751–760, 2013.

LONDON ECONOMICS. **The Value of Lost Load (VoLL) for Electricity in Great Britain: Final report for OFGEM and DECC**. London: [s.n.]. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/224028/value_lost_load_electricity_gb.pdf>.

LONDON ECONOMICS INTERNATIONAL LLC. **Estimating the Value of Lost Load**. Boston: [s.n.]. Disponível em: <www.londoneconomics.com>.

LOUREIRO, P. G. C. **Custo Marginal do Déficit de Energia Elétrica: Histórico, avaliação e proposta de uma nova metodologia**. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2009.

MAZZON, J. A. **Análise do programa de alimentação do trabalhador sob o conceito de marketing social**. [s.l.] Universidade de São Paulo - USP, 1981.

MME - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro - Dezembro 2016**. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

<<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico/2016>>.

MUNASINGHE, M.; GELLERSON, M. Economic criteria for optimizing power system reliability levels. **The Bell Journal of Economics**, v. 10, n. 1, p. 353–365, 1979.

NEVES, M. DOS S. **BNDES 50 Anos - Histórias Setoriais: O Setor de Telecomunicações**. Publicações - Telecomunicações - BNDES. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Telecomunicacoes/>.

ONS. **Integração Eletroenergética**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx#>. Acesso em: 20 fev. 2017.

ONS. **O que é o SIN - Sistema Interligado Nacional**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx>. Acesso em: 16 jan. 2017.

OZBAFLI, A.; JENKINS, G. P. The willingness to pay by households for improved reliability of electricity service in North Cyprus. **Energy Policy**, v. 87, p. 359–369, 2015.

PASHA, H. A.; GHASUS, A.; MALIK, S. The economic cost of power outages in the industrial sector of Pakistan. **Energy Economics**, v. 11, n. 4, p. 301–318, 1989.

PRAKTIKNJO, A. J. Stated preferences based estimation of power interruption costs in private households: An example from Germany. **Energy**, v. 76, p. 1–9, 2014.

PRAKTIKNJO, A. J.; HÄHNEL, A.; ERDMANN, G. Assessing energy supply security: Outage costs in private households. **Energy Policy**, v. 39, n. 12, p. 7825–7833, 2011.

REICHL, J.; SCHMIDTHALER, M.; SCHNEIDER, F. The value of supply security: The costs of power outages to Austrian households, firms and the public sector. **Energy Economics**, v. 36, p. 256–261, 2013.

ROSA, L. P. et al. The Evolution of Brazilian Electricity Market. In: SIOSHANSI, F. P. (Ed.). **Evolution of Global Electricity Markets - New Paradigms, New Challenges, New Approaches**. 1. ed. [s.l.] Elsevier Inc., 2013. p. 435–459.

SANGHVI, A. P. Economic costs of electricity supply interruptions - US and foreign experience. **Energy Economics**, v. 4, n. 3, p. 180–198, 1982.

SANTANA, I. **Ano começa com menos competidores**. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/3837902/ano-comeca-com-menos-competidores>>. Acesso em: 3 dez. 2015.

SERRA, P.; FIERRO, G. Outage costs in Chilean industry. **Energy Economics**, v. 19, n. 4, p. 417–434, 1997.

SULLIVAN, M. J. et al. Interruption Costs, Customer Satisfaction and Expectations for Service Reliability. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 11, n. 2, p. 989–995, 1996.

SULLIVAN, M. J. et al. **Estimated Value of Service Reliability for Electric Utility Customers in the United States**. Berkeley: [s.n.]. Disponível em: <electric power reliability; customer value of service reliability; interruption cost;%0Dcustomer damage function>.

SULLIVAN, M. J.; VARDELL, T.; JOHNSON, M. Power interruption costs to industrial and commercial consumers of electricity. **IEEE Transactions on Industry Applications**, v. 33, n. 6, p. 1448–1458, 1997.

TELEBRASIL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TELECOMUNICAÇÕES. **Consulta à Base de Dados – Relatórios Séries Temporais Customizados**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.telebrasil.org.br/panorama-do-setor/consulta-a-base-de-dados>>.

TELECO. **Estatísticas do Brasil - Geral**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/estatis.asp>>.

VASCONCELOS, P. S.; CARPIO, L. G. T. Estimating the economic costs of electricity deficit using input–output analysis: the case of Brazil. **Applied Economics**, v. 47, n. 9, p. 916–927, 2015.

WACKER, G.; WOJCZYNSKI, E.; BILLINTON, R. Interruption Cost Methodology and Results - A canadian Residential Survey. **IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems**, v. PAS-102, n. 10, 1983.

WIJAYATUNGA, P. D. C.; JAYALATH, M. S. Economic impact of electricity supply interruptions on the industrial sector of Bangladesh. **Energy for Sustainable Development**, v. 12, n. 3, p. 5–12, 2008.

WILLIS, K. G.; GARROD, G. D. Electricity supply reliability. **Energy Policy**, v. 25, n. 1, p. 97–103, 1997.

WOJCZYNSKI, E.; BILLINTON, R.; WACKER, G. Interruption cost methodology and results - a canadian commercial and small industry survey. **IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems**, v. PAS-103, n. 2, p. 437–444, 1984.

WOLF, A.; WENZEL, L. Welfare implications of power rationing: An application to Germany. **Energy**, v. 84, p. 53–62, 2015.

YIN, R. K. **Case Study Research Design and Methods**. 4. ed. [s.l.] SAGE Publications Inc, 2009.

ZACHARIADIS, T.; POULLIKKAS, A. The costs of power outages: A case study from Cyprus. **Energy Policy**, v. 51, p. 630–641, 2012.

APÊNDICE A - PROTOCOLO E ROTEIRO DAS ENTREVISTAS

1. Preparação pré-visita

O primeiro contato com cada empresa será feito por e-mail e telefonema com os diretores responsáveis pelas decisões relativas à energia elétrica nas organizações, para esclarecimentos sobre o objetivo da pesquisa.

Um segundo contato por e-mail fornecerá mais informações sobre o conteúdo das entrevistas, para que possam se preparar e terem os dados disponíveis durante as reuniões.

A cada diretor será solicitada a indicação outro profissional da área, de perfil gerencial, para uma segunda entrevista na empresa e coleta de informações mais detalhadas.

Os contatos com os profissionais indicados serão feitos também por telefone e e-mail para maiores esclarecimentos e preparo para a entrevista.

As entrevistas serão agendadas em horários de maior conveniência e disponibilidade dos entrevistados para que haja tempo suficiente para explorar todas as questões.

2. Roteiro para entrevista semiestruturada

- a) Perfil do consumo de energia da empresa – unidades de consumo.
- b) Volume, custo total e sazonalidade no consumo de energia elétrica.
- c) Projeção dos custos com energia para os próximos anos.
- d) Perfil de contratação da energia: mercado livre, mercado regulado.
- e) Consumo por setor de infraestrutura e segmento de negócios
- f) Análise de criticalidade para restrições de energia elétrica por segmento de negócios, região ou infraestrutura

- g) Análise dos impactos em relação às restrições: econômicos, operacionais, para os clientes.
- h) Ações de contingenciamento – investimentos, custos.
- i) Ações para redução do consumo e eficiência energética
- j) Iniciativas de autoprodução

Ao fim das entrevistas com os diretores, explicar o objetivo do envio do questionário e solicitar seu preenchimento.

3. Pós visita:

Encaminhar o questionário de pesquisa.

Transcrever as entrevistas e produzir o relatório de pesquisa de cada empresa.
Disponibilizar os relatórios aos entrevistados.

APÊNDICE B – MODELO DO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

Pesquisa Acadêmica: O impacto da insuficiência no fornecimento de energia elétrica nas empresas brasileiras do setor de telecomunicações.

Pesquisa desenvolvida no programa de pós-graduação em Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP).

Mestranda: Agnes Bess d'Alcantara e Amaral,

Orientador: Prof. Dr. Erik Eduardo Rego.

Prezados,

Em complemento à entrevista realizada, solicito sua valiosa colaboração respondendo ao questionário abaixo. As respostas através do instrumento padronizado permitirão uma avaliação comparativa da percepção das empresas pesquisadas sobre o impacto de eventual racionamento no fornecimento de energia elétrica. Por favor indique um nível de redução da atividade produtiva ou disposição a aceitar aumento na conta de energia para cada percentual de racionamento proposto.

Cabe ressaltar que os dados obtidos a partir dos questionários retornados, bem como as informações coletadas através das entrevistas, serão tratados com total confidencialidade e analisados no trabalho sem identificação da empresa ou do respondente.

Agradeço antecipadamente a colaboração e estou à disposição para quaisquer esclarecimentos ou informações necessárias – email: agnesbess@usp.br

- 1) Caso a empresa fosse obrigada a reduzir o consumo mensal de energia elétrica em 20% qual provavelmente seria a redução no lucro anual?

Nenhuma redução Redução pouco significativa Redução moderada Redução significativa Redução muito significativa

← ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ →

- 2) Caso sua empresa fosse obrigada a reduzir o consumo mensal de energia elétrica em 20% qual provavelmente seria o prejuízo no volume de serviços da empresa?

Nenhuma redução Redução pouco significativa Redução moderada Redução significativa Redução muito significativa

← ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ →

- 6) Caso sua empresa fosse obrigada a reduzir o consumo de energia elétrica durante um único mês, o quanto provavelmente estaria disposta a pagar a mais pela energia elétrica de forma a eliminar esta obrigação?

[illegible]

- 7) Caso sua empresa fosse obrigada a reduzir o consumo de energia elétrica durante seis meses, o quanto provavelmente estaria disposta a pagar a mais pela energia elétrica de forma a eliminar esta obrigação?

[illegible]

- 8) Caso sua empresa fosse obrigada a reduzir o consumo de energia elétrica durante um ano, o quanto provavelmente estaria disposta a pagar a mais pela energia elétrica de forma a eliminar esta obrigação?

[illegible]