



**XXII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GCR/29
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO – VI

GRUPO DE ESTUDO DE COMERCIALIZAÇÃO, ECONOMIA E REGULAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - GCR

METODOLOGIA DE ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA REFERENTE ÀS IMPLEMENTAÇÕES DE SMART GRID NA CEMIG D

**ALBUQUERQUE, V.O.(1*);SIMOES, F.D.C.(2);PAMPLONA, M.S.F.(2);PAMPLONA, E. O.(3);
GUIMARAES, D.S.(1);ALMEIDA, G.P.(1)
CEMIG D (1) EBCN(2) UNIFEI(3)**

RESUMO

A implementação do Smart Grid é capaz de gerar diversos benefícios, porém deve-se avaliar a viabilidade destes projetos que envolvem elevados investimentos. O objetivo deste artigo é expor as bases da metodologia de avaliação econômica desenvolvida pela CEMIG D durante a realização de seu projeto piloto, englobando as funcionalidade de AMI, Automação, Telecomunicações e Tecnologia da Informação. A pesquisa passou por três etapas, sendo elas: identificação das variáveis que compõem o fluxo de caixa do projeto, consideração dos impactos do ambiente regulatório e tarifário sobre o projeto e, por fim, a apresentação de resultados e conclusões iniciais.

PALAVRAS-CHAVE

Smart Grid, Análise de Investimentos em Distribuição de Energia Elétrica, Análise de Sensibilidade, Regulação do Setor Elétrico, Revisão Tarifária.

1.0 - INTRODUÇÃO

Desde a última década, o desenvolvimento tecnológico e a implementação de soluções *smart grid* (rede inteligente) em sistemas de distribuição de energia vêm ganhando força não só no setor elétrico de países desenvolvidos, mas também no mercado nacional. O termo *smart grid* foi usado pela primeira vez em 2005 por [1], em artigo publicado na revista IEEE P&E, com o título de "*Toward a Smart Grid*". Existem várias definições para o conceito de redes inteligentes, mas todas convergem para o uso de elementos digitais e de comunicações nas redes que transportam a energia. Essas soluções são capazes de gerar inúmeros benefícios para todos os *stakeholders*, tais como o aumento da eficiência operacional das distribuidoras, a otimização do uso da rede, a redução do consumo de energia e da emissão de carbono, maior qualidade e confiabilidade dos serviços prestados para os consumidores, dentre outros não menos importantes.

A implantação de projetos *smart grid*, no entanto, demanda investimentos elevados por parte das distribuidoras e os seus reais benefícios ainda estão associados às incertezas técnicas, operacionais, mercadológicas e regulatórias que ainda existem sobre essas tecnologias. Apesar do potencial de ganhos, não existe, porém, uma análise de custo/benefício completa em relação aos investimentos em redes inteligentes no Brasil [2]. Em 2011, a ABRADEE realizou um estudo sobre o tema concluindo que os ganhos seriam suficientes para tornar os investimentos viáveis [3]. Porém, as conclusões desse estudo se referem à sociedade como um todo e não especificamente à visão das distribuidoras, tendo em vista que muitos dos benefícios calculados ou são absorvidos pela sociedade ou pelos segmentos de geração e transmissão. Além disso, não estimou os impactos da nova estrutura tarifária sobre o pico de consumo e sobre como o consumidor reagiria a este novo fluxo de informações. Diferenças regionais no padrão de consumo, e em termos de perdas técnicas e comerciais de cada distribuidora, também podem alterar bastante os resultados. A própria associação alerta para estes efeitos em seu estudo [2].

(*) Endereço Av. Barbacena, nº 1200 – SA6ºA1 – CEP 30.191-131 - Belo Horizonte, MG – Brasil
Tel: (+55 31) 3506-3303 – Fax: (+55 31) 3506-2948 – Email: voa@cemig.com.br

Diante da magnitude dos valores envolvidos, uma análise adequada da viabilidade econômico-financeira desses projetos ganha extrema importância para subsidiar as tomadas de decisões das distribuidoras, que precisam definir suas estratégias e seus planos de investimentos para os próximos ciclos tarifários, bem como gerenciar os riscos intrínsecos antes de iniciar um processo de implantação em escala.

O objetivo deste trabalho é apresentar as bases da metodologia de avaliação econômica para investimentos em *smart grid* na visão das distribuidoras, a qual foi desenvolvida junto à CEMIG D durante a implementação dessas tecnologias na região de Sete Lagoas-MG, englobando as funcionalidades de Medição Inteligente, Automação, Telecomunicações, Tecnologia da Informação e Geração Distribuída. O artigo abordará a seleção das variáveis que compõem o fluxo de caixa do projeto, a consideração dos impactos do ambiente regulatório e tarifário sobre o projeto e, por fim, a apresentação de resultados e conclusões iniciais. Essa metodologia está sendo alimentada por dados reais coletados em campo pela CEMIG D e será utilizada como insumo na definição do plano de implantação do Smart Grid em larga escala nas suas redes de distribuição.

2.0 - METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS SMART GRID

A metodologia de avaliação econômica desenvolvida nesse trabalho se baseia nas técnicas do fluxo de caixa descontado, através da qual o fluxo de caixa futuro do projeto é projetado e trazido a valor presente com base em uma taxa de desconto apropriada. A avaliação econômica do *smart grid* deve sempre incluir os quatro passos: adaptação às condições locais, análise de custo-benefício, análise de sensibilidade e avaliação de desempenho, externalidades e impacto social [4]. É fundamental, portanto, conhecer e considerar todos os benefícios e custos associados ao projeto, bem como quantificar seus efeitos na geração de caixa, sob o risco de gerar resultados distorcidos e tomadas de decisões equivocadas por parte da empresa e investidores.

2.1 Identificação das variáveis que compõem o fluxo de caixa do projeto

Como já citado, projetos de investimento em redes inteligentes envolvem tecnologias inovadoras, com resultados técnicos e econômicos ainda incertos e apresentam, além disso, potencial de influência sobre diversas áreas. Seus reflexos são amplos, impactando em aspectos sociais, ambientais, na eficiência das distribuidoras e, até mesmo, na estrutura regulatória do setor elétrico.

Esse cenário faz com que a identificação consistente e exaustiva das variáveis que compõem o fluxo de caixa desses projetos se torne uma atividade mais extensiva que o convencional. Para o desenvolvimento da metodologia de avaliação econômica utilizado nesse trabalho, o processo de identificação das variáveis envolveu a participação de gestores das diversas áreas operacionais da distribuidora CEMIG D, consulta com especialistas em mercado e regulação, alinhamento com as recomendações sugeridas por estudos internacionais [5], e, também, com o estudos nacionais [2,6], de maneira a aumentar a consistência da análise.

Na sequência do capítulo, são apresentadas as variáveis que compõem do fluxo de caixa, primeiro as de entrada e, na sequência, as de saída de caixa.

2.1.1 Componentes de entradas de caixa

- a. **Receita com venda adicional de energia:** receita adicional com distribuição de energia, com base na componente Fio B da tarifa, sendo composta por dois fatores:
 - i. **Venda de Energia Não Suprida:** as novas funcionalidades embarcadas nas soluções de automação da distribuição, tais como a reconfiguração automática da rede, controle integrado Volt-Var e Fault Location, Isolation, and Service Restoration - FLISR, entre outras, deverão reduzir significativamente o tempo de interrupção de fornecimento de energia, representado pelo indicador DEC. Essa redução da interrupção resulta em energia adicional fornecida pela distribuidora.
 - ii. **Conversão de Perdas Comerciais em Energia Faturada:** a medição inteligente, em conjunto com o sensoriamento da rede, permitirá um monitoramento muito mais completo e preciso da distribuição de energia ao longo da rede e das unidades consumidoras. A identificação e combate dos furtos e fraudes resultarão em redução do nível de perdas. Parte dessa redução passará a ser convertida em consumo legalizado, gerando faturamento adicional para a distribuidora.
- b. **Redução dos custos de Atividades de O&M:** Diversas atividades de O&M atualmente realizadas pelas distribuidoras serão impactadas pelo *smart grid*, englobando as atividades emergenciais, comerciais, de faturamento e de interação com consumidor. De maneira mais representativa, destaque para a redução dos serviços de leituras, corte e religa, e viagens indevidas.
- c. **Redução de Perdas:** O projeto terá impacto tanto sobre as perdas técnicas quanto sobre as perdas comerciais (não técnicas):

- i. **Redução das Perdas Técnicas:** redução proporcionada pelas soluções de automação (reconfiguração automática da rede, controle integrado Volt-Var e FLISR), pela troca de medidores convencionais por eletrônicos que tem menor perda interna e maior precisão, pela variação observada no consumo dos optantes pela tarifa branca e pela geração distribuída;
 - ii. **Redução das Perdas Não Técnicas:** Com o maior volume e qualidade de informações disponibilizadas por conta da medição inteligente, o combate às fraudes e roubos de energia será mais preciso e eficaz, reduzindo o nível de perdas não técnicas das distribuidoras;
- d. **Multas Evitadas:** as distribuidoras podem se beneficiar pela redução do pagamento de multas de duas maneiras:
- i. **Melhoria dos indicadores de continuidade e qualidade:** O aumento da qualidade e confiabilidade da distribuição de energia, por conta das funcionalidades do *smart grid*, resultará em redução das multas (compensações) pela transgressão dos limites impostos pela ANEEL para os indicadores de qualidade e continuidade. Esse benefício é mais representativo para as distribuidoras que enfrentam problemas graves com a confiabilidade da energia distribuída.
 - ii. **Melhor Planejamento de Compra de Energia:** As novas informações disponibilizadas permitirão às distribuidoras aprimorar sua metodologia de planejamento de compra de energia, evitando ou reduzindo penalizações por sobrecontratação ou subcontratação de energia.
- e. **Investimento evitado para expansão da rede:** Representa o investimento que será evitado para ampliação da capacidade de rede de distribuição. A disponibilização de capacidade é resultado direto da redução do pico de carga, gerado pelo balanço das seguintes variáveis: redução do nível de perdas (técnicas + não técnicas); modulação do consumo dos optantes pela tarifa branca; aumento das perdas por conta da energia adicional faturada. A capacidade disponibilizada apenas se torna um benefício financeiro para o projeto à medida que ocorra crescimento vegetativo da demanda de energia na por parte das unidades consumidoras - UCs.
- f. **Remuneração Regulatória dos Novos Investimentos:** Consiste na remuneração dos investimentos prudentes, com base no WACC regulatório, realizados pela distribuidora. No contexto do projeto, contempla a incorporação dos novos investimentos prudentes na Base de Remuneração Regulatória – BRR e, ao mesmo tempo, considera a saída da base de remuneração regulatória dos equipamentos que forem disponibilizados (substituídos e/ou descartados) por conta dos novos investimentos.
- g. **Quota de Reintegração Regulatória:** Representa a forma de recomposição dos investimentos realizados para a prestação do serviço ao longo da vida útil desses ativos. A receita adicional com a quota de reintegração regulatória considera a taxa de depreciação e amortização correspondente aos novos investimentos realizados e que tenham sido incorporados à BRR.
- h. **Valor Residual:** contempla o valor residual dos investimentos feitos inicialmente, representado pelo valor de liquidação ao final da vida do projeto.

2.1.2 Componentes de saída de caixa

- a. **Investimentos:** Representa o valor total dos investimentos necessários para colocar o projeto em operação, englobando a aquisição de equipamentos, obras civis, mão de obra para instalações e montagens, licenças, veículos, treinamentos, equipamentos de informática, aquisição de softwares, e outros que sejam pertinentes ao início do projeto. Os investimentos contemplam as funcionalidades de medição inteligente, automação, geração distribuída, infraestrutura de telecomunicações e dados. Importante considerar, também, a receita oriunda com possíveis equipamentos salvados. Equipamentos salvados são itens que faziam parte da rede, que tem vida contábil e viabilidade tecnológica, e que serão substituídos ou desativados por conta dos novos investimentos, como por exemplo, um medidor convencional que será substituído por um inteligente. O valor residual desses itens é calculado e entra no fluxo de caixa reduzindo o valor do investimento.
- b. **Redução da Receita pela adoção da Tarifa Branca:** A tarifa branca entrará em vigor a partir de 2014, conforme resolução ANEEL ReN nº 502/12, instituindo o sistema de cobrança de tarifa por posto horário para os consumidores de baixa tensão. Essa estrutura tarifária só poderá ser aplicada às unidades consumidoras que tenham o medidor eletrônico e, por enquanto, sua adesão será opcional. Ou seja, os consumidores que não optarem pela nova cobrança continuarão sendo tarifados pela tarifa convencional. É de se esperar, portanto, que apenas migrem para a nova tarifa os consumidores que observarem redução no valor da conta, o que acarretará em redução de receita para a distribuidora. Devem ser considerados os novos valores das tarifas horárias de distribuição (parcela B), a modulação do consumo e o nível esperado de consumo dos optantes pela tarifa branca para calcular o impacto financeiro para a distribuidora.

- c. **Redução da Receita pela Geração Distribuída:** Com a regulamentação da geração distribuída foi criado o Sistema de Compensação de Energia, conforme resolução ANEEL ReN nº 482/12, que permite ao consumidor instalar pequenos geradores em sua unidade consumidora e trocar energia com a distribuidora local. A partir da estimativa da energia injetada na rede, por posto horário, pode-se calcular a redução de receita observada pela distribuidora.
- d. **Custos Adicionais de O&M:** Representa os custos adicionais com operação e manutenção originados pelo novo projeto. Inclui custos relacionados aos novos investimentos e, também, os custos com novas atividades que passarão a existir.
- e. **Perdas Técnicas Adicionais de Energia:** Perdas técnicas adicionais resultantes do aumento da energia consumida (venda de energia não suprida e conversão de fraude em consumo regular).
- f. **Imposto de Renda e Contribuição Social:** imposto a ser recolhido por conta do impacto do projeto nos resultados da empresa.

Outros componentes do fluxo de caixa que não foram detalhados acima também estão sendo considerados na metodologia desenvolvida, tais como a possibilidade de geração de receita através do compartilhamento da rede de telecomunicações (com outras *utilities*, por exemplo) e a possibilidade de geração de crédito carbono.

2.2 Impacto do ambiente regulatório sobre o fluxo de caixa do projeto

Ao se analisar um investimento no setor de distribuição, é essencial considerar os efeitos da atuação regulatória sobre o fluxo de caixa futuro do projeto. Ignorar o momento da revisão tarifária e seus efeitos sobre a avaliação do projeto em particular, significa abandonar a realidade da atividade regulada de distribuição [6]. A incorporação dos impactos da atuação da regulação econômica no fluxo de caixa de um projeto é fundamental para que as empresas tomem decisões adequadas sobre a realização de seus investimentos.

No contexto atual do setor elétrico brasileiro, o movimento tarifário mais importante para a atividade de distribuição de energia elétrica é a Revisão Tarifária Periódica (RTP), na qual o regulador procede ao cálculo da receita suficiente ao equilíbrio econômico-financeiro das distribuidoras, além de homologar as tarifas justas que, aplicadas ao mercado, resultarão na receita calculada. No momento da revisão tarifária, grande parte dos ganhos adicionais provenientes dos investimentos realizados no sistema de distribuição, tais como o aumento de carga, aumento ou redução de perdas, aumento ou redução de custos com operação e manutenção é absorvida, mas em contrapartida os novos ativos passam a compor a base de remuneração da concessionária, por exemplo [6].

Sendo assim, torna-se necessário definir abordagens distintas para a formação do fluxo de caixa de um investimento no sistema de distribuição conforme a fronteira temporal de cada componente do fluxo, o que representa identificar aqueles que têm duração permanente e aqueles com duração transiente, que devem ser repassados à tarifa ao longo das revisões. A Tabela 1 apresenta o impacto regulatório sobre cada componente do fluxo de caixa do projeto.

Importante ressaltar a abordagem adotada por esse trabalho em relação ao impacto regulatório sobre a variação das perdas de distribuição (técnicas e não técnicas). De acordo com o conceito do órgão regulador, denominam-se Perdas Técnicas de Energia as perdas inerentes às atividades do transporte da energia elétrica na rede, e de Perdas Comerciais o restante da diferença entre a Energia Injetada e a Faturada. Essa diferença, que representa a soma das Perdas Técnicas e Comerciais, é chamada de Perdas Elétricas de Distribuição:

$$\text{Perdas Totais de Distribuição} = \text{Energia injetada} - \text{Energia Faturada} \quad (1)$$

$$\text{Perdas Não Técnicas} = \text{Perdas Totais} - \text{Perdas Técnicas} \quad (2)$$

O órgão regulador conhece a energia injetada e a energia faturada pela distribuidora e computa a perda técnica através de metodologia própria baseada em redes típicas, estimando, consequentemente, as perdas não técnicas. Os projetos de investimento em redes inteligentes terão impactos significativos sobre as perdas, tanto as técnicas quanto sobre as não técnicas. Em um caso extremo, envolvendo a implantação do *smart grid* em larga escala na rede de uma distribuidora que tenha nível muito baixo de perdas comerciais, poderia se chegar à situação ilógica em que as perdas técnicas calculadas pelo regulador superariam as perdas totais reais de distribuição (energia injetada menos energia faturada). Por isso, de maneira conservadora, esse trabalho considera que as reduções das perdas de energia promovidas pelo projeto serão absorvidas pela tarifa no momento da 1ª RTP após a implementação dos investimentos. É de se concluir que as distribuidoras que possuem altos níveis de perdas comerciais se beneficiarão mais que as outras, no sentido de absorver financeiramente a redução de perdas.

Tabela 1 – Impacto Regulatório no Fluxo de Caixa do Projeto

Relação dos Componentes de Caixa do Projeto	Impacto regulatório sobre o Fluxo de Caixa
ENTRADAS DE CAIXA	
Receita Líquida com Venda Adicional de Energia	Benefício financeiro permanente
Redução de Custos das Atividades de O&M	Repasados à tarifa de maneira gradual ao longo das RTPs, dependendo da determinação do Fator X imposto pelo regulador.
Redução de Perdas	Benefício financeiro considerado somente até 1ª RTP
Multas Evitadas	Benefício permanente para a distribuidora, não sendo repassados à tarifa durante RTPs
Investimento Evitado para Expansão da Rede Distribuição	Benefício permanente para a distribuidora, não sendo repassados à tarifa durante RTPs
Remuneração Regulatória do Novo Investimento	Benefício financeiro apenas a partir da 1ª RTP após a conclusão dos investimentos
Quota de Reintegração Regulatória	Benefício financeiro apenas a partir da 1ª RTP após a conclusão dos investimentos
SAÍDAS DE CAIXA	
Investimentos (CAPEX)	Entra para a BRR a partir da 1ª RTP após a conclusão dos investimentos
Redução da Receita pela Tarifa Branca	Impacto financeiro permanente
Redução da Receita pela Geração Distribuída	Impacto financeiro permanente
Perdas Técnicas Adicionais	Impacto financeiro considerado somente até 1ª RTP
Custos Adicionais de O&M	Repasados à tarifa de maneira gradual ao longo das RTPs, dependendo da determinação do Fator X imposta pelo regulador.

Outro aspecto regulatório que merece destaque envolve o caráter opcional de adesão à tarifa branca por parte dos consumidores, o que resultará em redução na receita regulatória das distribuidoras. Um estudo mais aprofundado sobre essa nova política tarifária deve ser mais bem mensurado sob o risco de gerar a necessidade da criação de mecanismos de realocação de custos ou até mesmo novos encargos para o reestabelecimento do equilíbrio econômico financeiro das concessionárias de distribuição de energia elétrica [7]. Apesar da possibilidade de mudanças futuras no sistema da Tarifa Branca, esse trabalho considera que a perda de receita regulatória será um ônus permanente para a distribuidora.

A criação da tarifa branca e a regulamentação da geração distribuída são movimentos regulatórios recentes que acontecem no contexto do início das implementações do *smart grid* no país. Além dos processos de revisões tarifárias, esses movimentos também afetam o fluxo de caixa do projeto e seus impactos foram devidamente considerados, conforme mencionados no capítulo anterior.

3.0 - FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO

A implantação do *smart grid* na região de Sete Lagoas/MG é um projeto piloto da CEMIG D e consiste na prova de conceito para testes e validação de alternativas tecnológicas. Diversas métricas e indicadores foram pré-definidos e estão sendo acompanhados a partir da coleta de dados reais obtidos em campo. Ao longo da prova de conceito, que deve se encerrar no início de 2014, vários desses indicadores servirão de insumo para alimentar o modelo de avaliação econômica, permitindo estimar com mais precisão os reais impactos do projeto sobre variáveis tais como: nível de perdas técnicas e perdas comerciais, qualidade da energia, redução das interrupções, dentre diversas outras. Uma conclusão mais precisa sobre o real retorno desses projetos poderá ser obtida a partir dessas informações.

No entanto, a partir da metodologia de avaliação econômica desenvolvida nesse trabalho, foi elaborado um cenário de pré-avaliação do projeto, estruturado com base em estimativas preliminares para as variáveis que estão sendo acompanhadas durante a prova de conceito, as quais foram definidas a partir de pesquisas científicas, opiniões de especialistas e estudos de casos nacionais e internacionais.

O modelo de avaliação, ilustrado pela Figura 1, foi elaborado de maneira a permitir a rápida simulação de valores de cada variável de entrada, análise e comparação de cenários, análise de sensibilidade, análise de risco com simulação de Monte Carlo, além de permitir avaliação para diferentes regiões geográficas e das funcionalidades

AMI e Automação separadamente. Com base no cenário preliminar em questão, é possível obter diversos resultados relevantes para as concessionárias, envolvendo, por exemplo, a representatividade dos componentes de caixa, a identificação das variáveis mais críticas, o momento mais adequado para realização dos investimentos, entre outros.

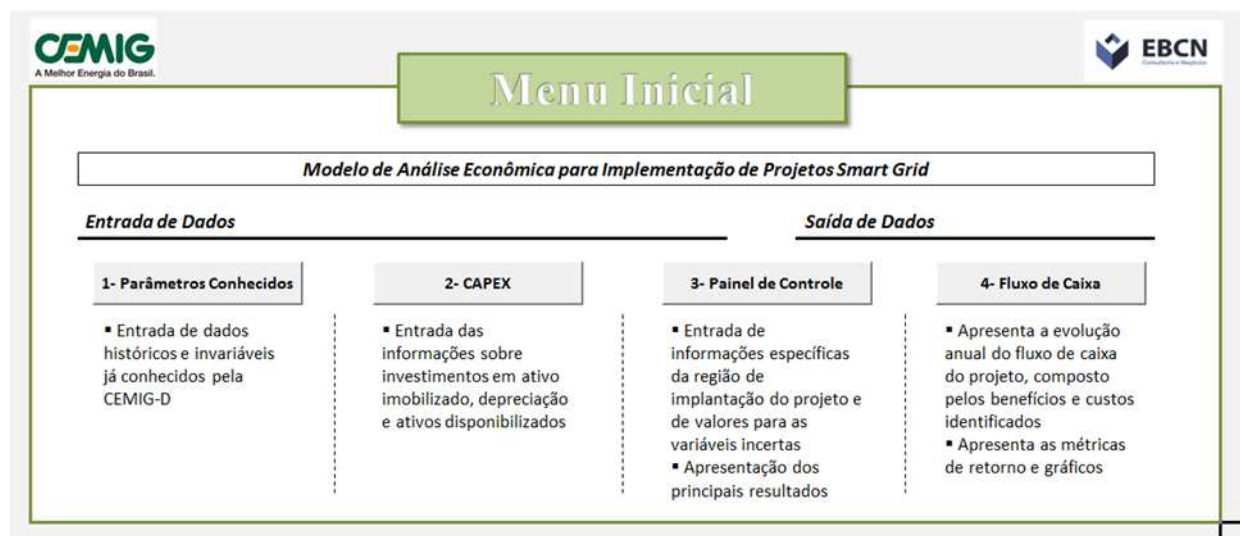


Figura 1 – Menu Inicial do Sistema de Avaliação Econômica em Projetos *Smart Grid*

4.0 - RESULTADOS

Em relação aos itens que compõem o fluxo de caixa do projeto, com base no cenário preliminar descrito acima, é possível analisar a representatividade de cada um deles ao longo do tempo. A Tabela 2 ilustra essa análise para as entradas de caixa e a Tabela 3 para as saídas de caixa. Considerando o investimento feito no ano exatamente anterior ao ano de revisão tarifária (T-1), é possível notar que a redução de perdas é o item mais significativo dentre as entrada de caixa, isso no período até a primeira revisão tarifária (ano T), momento em que esse ganho é repassado à tarifa. Após a primeira RTP, a “Remuneração Regulatória do Novo Investimento” e a “Quota de Reintegração Regulatória” aparecem como os itens mais representativos. A redução das multas, nesse caso representada pela redução das compensações pagas pela extrapolação dos limites dos indicadores de qualidade e continuidade, tem um peso considerável e permanente no fluxo de caixa, maior inclusive que a redução de custos operacionais prevista. Outro item relevante é o consumo regular adicional gerado pela redução das perdas comerciais.

Tabela 2 – Composição dos Fluxos de Entrada de Caixa

2. Entradas (Benefícios)	T-1	T	T+1	T+5
2.1. Receita Líquida com Venda Adicional de Energia	16%	10%	12%	13%
- Venda de Energia Não Suprida (DEC)	1%	1%	1%	1%
- Conversão de Fraudes em Consumo Faturado	14%	9%	11%	12%
2.2. Redução de Custos das Atividades de O&M	8%	5%	6%	7%
2.3. Redução de Perdas	59%	0%	0%	0%
- Redução de Perdas Técnicas	35%	0%	0%	0%
- Redução de Perdas Não-Técnicas	24%	0%	0%	0%
2.4. Multas Evitadas	16%	10%	12%	14%
- Por Melhoria dos Indicadores de Qualidade e Continuidade	16%	10%	12%	14%
- Pelo Melhor Planejamento de Compra de Energia	0%	0%	0%	0%
2.5. Investimento Evitado para Expansão da Rede Distrib.	0%	18%	0%	0%
2.6. Remuneração Regulatória do Novo Investimento (Líquido)	0%	34%	42%	35%
2.7. Quota de Reintegração Regulatória	0%	22%	27%	30%
2.8. Valor Residual	0%	0%	0%	0%
2.9. Oferta de Novos Serviços	0%	0%	0%	0%
2.10. Geração de Crédito CO2	0%	0%	0%	0%

Analisando os componentes das saídas de caixa, na Tabela 3, fica claro que após o início do novo ciclo tarifário o item mais representativo são os custos adicionais relacionados à Operação e Manutenção dos novos investimentos, correspondendo por 57% de todas as saídas de caixa. Essas despesas estão diretamente

associadas à infraestrutura de telecomunicações e dados necessária para operacionalizar o *smart grid*, além de novas atividades operacionais. O mapeamento dos novos processos, o dimensionamento e a capacitação dos recursos humanos envolvidos nessas novas atividades serão essenciais para o sucesso das implementações.

Tabela 3 – Composição dos Fluxos de Saída de Caixa

3. Saídas (Custos)	T-1	T	T+1	T+5
Investimento Inicial (CAPEX)	100%	0%	0%	0%
Redução da Receita pela Tarifa Branca	0%	6%	6%	7%
Redução da Receita pela Geração Distribuída	0%	11%	11%	12%
Custos Operacionais Adicionais	0%	57%	57%	61%
. Perdas	0%	0%	0%	0%
. Operação e Manutenção	0%	57%	57%	61%
Imposto de Renda e Contribuição Social	0%	25%	25%	20%

Através de simulações feitas sobre cenário em análise, verifica-se que o Valor Presente Líquido (VPL) do projeto é maximizado quando o investimento é finalizado dentro do último ano do ciclo tarifário da distribuidora, apresentando uma redução no VPL de até 30% em relação aos investimentos realizados no primeiro do ciclo tarifário. A informação sobre o melhor momento para conclusão do projeto é crítica para a distribuidora definir e otimizar o desempenho de seu portfólio de projetos.

A partir da variação de algumas variáveis independentes do modelo, foi feita a análise de sensibilidade do VPL determinístico do projeto no cenário preliminar, conforme mostrado na Figura 2. Nota-se uma alta sensibilidade à redução das perdas técnicas, o que se explica pelo fato dessa variável impactar na geração de receita adicional, na redução de energia comprada e na redução do pico de carga. A taxa de conversão das fraudes em consumo regular também aparece com destaque, sendo fator gerador de receita adicional para as distribuidoras. Percebe-se também, a sensibilidade negativa do VPL frente a variação da taxa de adesão das UCs à tarifa branca. Isso é reflexo da queda de receita da distribuidora, que, nesse cenário, não está sendo compensada pela modulação no consumo dessas UCs. Essa análise permite que as distribuidoras monitorem e gerenciem de maneira mais efetiva as variáveis que podem comprometer ou alavancar o retorno de seus projetos.

Variável Independente	Varição do VPL*
Redução de Perdas Não Técnicas	9,0%
Conversão de Fraude em Energia Faturada - %	7,8%
Redução N° de Transgr. Indicadores Qual./Cont.	4,8%
Redução de Perdas Técnicas	1,8%
Redução do tempo de interrupção DEC - %	0,7%
Redução do Pico de Carga (Modulação do Consumo)	0,4%
Taxa de adesão das UCs à Tarifa Branca	-1,7%

* Para uma variação de 10% do valor base da variável independente

Figura 2 – Análise de Sensibilidade do VPL do Cenário Preliminar

Ainda diante do cenário preliminar, verifica-se que o volume de investimentos previsto é consideravelmente alto, colocando a viabilidade econômica do projeto em risco. Do montante total, as soluções de AMI (medição inteligentes) se sobressaem, representando cerca de 80% do investimento inicial. Aparentemente, será necessária uma queda considerável nos preços dos medidores inteligentes para viabilizar uma implantação em larga escala, o que provavelmente só acontecerá ao longo dos próximos anos diante do desenvolvimento de novas tecnologias de medidores, do aumento do número de fabricantes e de sua expansão fabril, do ganho de escala e da amortização dos investimentos iniciais em P&D.

5.0 - CONCLUSÃO

A identificação extensiva dos benefícios e custos associados aos projetos de investimento em *smart grid* e a consideração dos efeitos regulatórios sobre o caixa do projeto são de extrema importância para uma avaliação econômica adequada. Perante as incertezas que ainda existem, inclusive técnicas, e diante do cenário regulatório em adaptação frequente, é essencial manter a metodologia de avaliação em linha com as novas definições. As informações que estão sendo coletadas pela CEMIG D no projeto piloto de Sete Lagoas serão essenciais para uma conclusão mais precisa sobre o real retorno e condições de viabilidade dos projetos *smart grid*.

Importantes resultados foram obtidas a partir da metodologia de avaliação aplicada sobre o cenário preliminar. Analisando a representatividade da remuneração regulatória e da quota de reintegração frente aos benefícios do projeto para a distribuidora, percebe-se que será fundamental entender como o regulador determinará o índice de aproveitamento desses novos investimento para inclusão na base de remuneração regulatória. Ainda pelo lado dos benefícios, pode-se concluir que os projetos serão mais atrativos para as distribuidoras que enfrentam problemas graves com a qualidade e continuidade da energia distribuída e, também, para aquelas que apresentam alto nível de perdas, principalmente as não técnicas. Fato esse reforçado pela alta sensibilidade do VPL do projeto frente ao impacto observado na redução das perdas comerciais.

Considerando as saídas de caixa, constata-se que os investimentos iniciais, principalmente os associados à medição inteligente, são elevados e que é preciso uma redução considerável no valor dos medidores para aumentar a atratividade do projeto, o que só deve acontecer com o amadurecimento da tecnologia. Os custos adicionais com atividades de O&M também são significativos, indicando a necessidade de se mapear os novos processos e dimensionar adequadamente os recursos destinados. Nesse contexto, ganha importância econômica a possibilidade das distribuidoras encontrarem e desenvolverem novas oportunidades de receita associadas aos projetos *smart grid*, como, por exemplo, o compartilhamento da infraestrutura de telecomunicações e dados com outras *utilities*.

Os resultados da avaliação econômica poderão direcionar ações a serem desenvolvidas que possam melhorar a rentabilidade dos projetos com implementação da tecnologia de *smart grid*. No desenvolvimento das atividades de planejamento busca-se a melhor solução técnica e de mínimo custo global para atender as necessidades do sistema elétrico e garantir níveis adequados de retorno para a distribuidora. Neste sentido, a análise econômica é de extrema importância, pois permite identificar a rentabilidade de cada projeto de expansão e/ou adequação do sistema, e em consequência os impactos em cada negócio nesse novo ambiente de mercado competitivo e desverticalizado.

A proposta do trabalho é de grande interesse para o setor elétrico, em especial ao setor de distribuição de energia, e propiciará aos gestores e investidores informações valiosas a respeito de suas alternativas de investimentos com a aplicação da tecnologia de *Smart Grid*.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMIM, S. Massoud e WOLLENBERG, Bruce F., "Toward a Smart Grid", IEEE P&E, 2005.
- [2] CABELLO, A. F. "Redes Elétricas Inteligentes no Brasil: a necessidade de uma avaliação adequada de custos e benefícios", IPEA, (2012).
- [3] ABRADÉE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. "Projeto Estratégico de P&D: redes elétricas inteligentes". Brasília, 2011
- [4] THE EUROPEAN COMMISSION, "Commission Recommendation on preparations for the roll-out of smart metering systems", 2012.
- [5] EPRI – ELETRIC POWER RESEARCH INSTITUTE. Estimating the Costs and Benefits of the Smart Grid, 2011.
- [6] MARANGON LIMA, J. W. et al., "Análise de Investimentos em Distribuição considerando o Ambiente Regulatório e utilizando a Teoria de Opções Reais." XVII SENDI, 2006.
- [7] STEELE SANTOS, P. E. et al., "Simulação do impacto da aplicação das Tarifas Brancas no equilíbrio econômico financeiro das Distribuidoras de Energia Elétrica", XX SENDI, 2012.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Valério Oscar de Albuquerque. Nascido em 1963 em Urucânia, MG, possui graduação em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC - MG) em 1989, especialização no Curso de Especialização de Sistema Elétricos - CESE pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) em 1996 e mestrado em Engenharia Elétrica pela UNIFEI em 2002. Atualmente é Engenheiro de Planejamento Elétrico da Distribuição de Alta Tensão da CEMIG Distribuição S.A. e aluno de doutorado em Engenharia Elétrica na Unifei.



Fábio da Costa Simões. Nascido em 1984 em Itajubá, MG. Possui graduação em Engenharia de Controle e Automação pela UNICAMP (2008), especialização em *Business Management* pela *University of California – Riverside* (2007) e especialização em Economia Financeira pela FGV/EESP em 2010. Entre 2008 e 2010 foi analista na McKinsey&Co. Desde 2011 é sócio-consultor da EBCN – Consultoria e Negócios, através da qual desenvolve projetos de consultoria empresarial.



Marcos Stewart Ferraz Pamplona. Nascido em 1986 em Itajubá, MG, possui graduação em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Federal de Itajubá em 2009. Mestrando em Engenharia de Produção com ênfase em Finanças pela Universidade Federal de Itajubá, com início em 2011. Desde 2011 é sócio-consultor da EBCN – Consultoria e Negócios, através da qual desenvolve projetos de consultoria empresarial.



Edson de Oliveira Pamplona. Nascido em 1957 em Itajubá, MG. Possui doutorado em Administração de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas - SP, mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade Federal de Santa Catarina, graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá e graduação em Economia pela Faculdade de Ciências Econômicas do Sul de Minas. Atualmente é professor titular da Universidade Federal de Itajubá, consultor da Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria e coordenador do MBA Unifei.



Daniel Senna Guimarães. Nascido em 1969 em Sete Lagoas, MG. Graduado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Especialista em Análise de Sistemas e Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais - UGMG. Coursou, também, o MBA em Finanças pelo IBMEC. Atualmente é Gestor do Projeto em Redes Inteligentes de Energia da CEMIG Distribuição, denominado Cidades do Futuro.



Gleidyson Paulino Almeida. Nascido em 1978 em Sete Lagoas, MG. É graduando em Engenharia de Produção pela Faculdade de Engenharia de Minas Gerais. Na CEMIG, trabalha atualmente na frente Estratégica e na implantação técnica da solução de Infraestrutura Avançada de Medição do Projeto Cidades do Futuro, projeto tal responsável pela implementação de Redes Inteligentes na CEMIG.