

## Ordenamento de desempenho em empresa de energia elétrica com suporte da Técnica de Ordenação de Similaridade por Solução Ideal

### Performance ordering in an electric power company with support of the Similarity Ordering Technique by Ideal Solution

Allan do Couto Rodrigues <sup>1\*</sup>, Gilson Brito Alves Lima<sup>1</sup>

---

#### RESUMO

O presente estudo se propôs a investigar quais são os principais problemas enfrentados pelas distribuidoras de energia elétrica para a expansão de seus sistemas elétricos. O estudo teve por objetivo apresentar uma proposta de ferramenta para priorização e ordenamento das sucursais operativas de distribuidoras de energia elétrica, buscando identificar a forma mais eficiente para a alocação dos investimentos necessários aos processos de expansão. Trata-se de uma pesquisa de abordagem quantitativa, bibliográfica e exploratória. O período de coleta dos dados compreendeu os meses de janeiro a dezembro de 2018 e foram analisados, mês a mês, os resultados dos 9 (nove) indicadores de desempenho selecionados segundo os critérios de afinidade para cada uma das 8 Regionais Operativas, totalizando 864 (oitocentos e sessenta e quatro) resultados utilizados no estudo. Os resultados evidenciados sobre a aplicação da ferramenta permitiram estabelecer um ranking das Regionais Operativas com maior potencial para a alocação dos investimentos necessários à solução do maior número de criticidades do sistema elétrico da distribuidora, permitindo alcançar os objetivos empresariais em linha com as demandas definidas pelo órgão regulador.

**Palavras-chave:** Planejamento Energético, Apoio à Decisão, TOPSIS, Distribuição de Energia, Demanda Energética.

---

#### ABSTRACT

This study aimed to investigate what are the main problems faced by electricity distributors for the expansion of their electrical systems. The objective of the study was to present a proposal for a tool for prioritizing and ordering operating regions of electricity distributors, seeking to identify the most efficient way to allocate the necessary investments for expansion processes. This is a research with a quantitative, bibliographic and exploratory approach. The data collection period comprised the months of January to December 2018 and the results of the 9 (nine) performance indicators selected according to the affinity criteria for each of the 8 Operative Regions were analyzed, month by month, totaling 864 (eight hundred and sixty four) results used in the study. The results evidenced by the application of the tool allowed the establishment of a ranking of the Operative Regions with the greatest potential for the allocation of investments necessary for the solution of the greatest number of criticalities of the electrical system of the distributor, allowing to reach the business objectives in line with the demands defined by the body regulator.

**Keywords:** Energy Planning, Decision Support, TOPSIS, Distribution Energy, Energy Demand.

---

---

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense.

\*E-mail: [allandocouto@gmail.com](mailto:allandocouto@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

O planejamento da expansão do sistema elétrico de uma distribuidora constitui-se como uma das principais atividades conduzidas pela companhia, representando significativa parcela dos investimentos realizados. Determinar eficientes critérios para a alocação dos recursos financeiros é uma tarefa indispensável para o alcance dos objetivos estratégicos, em especial ao direcionamento para solução do maior número de pontos de criticidade para os sistemas de potência (Cossi, 2008).

As companhias de distribuição de energia elétrica brasileiras têm sido dependentes do financiamento externo para o planejamento de sua expansão, o que conduz a complexos caminhos para a captação de recursos. Segundo Serrano (1999), antes da instabilidade econômica provocada pela crise da dívida, as distribuidoras não tinham maiores problemas para a obtenção de empréstimos junto aos bancos comerciais internacionais. Essa condicionante se estendeu por um período mais longo, sendo ainda mais evidente a partir da crise iniciada no ano de 2008, quando o fluxo dos créditos bancários internacionais começou a diminuir, iniciando-se o processo de diversificação das estratégias de captação das empresas de energia elétrica, as quais passaram a frequentar com mais assiduidade os mercados de títulos, em oposição aos empréstimos bancários.

Lehnhart (2015) destaca que os sistemas de distribuição de energia elétrica devem obedecer às regras específicas de qualidade de energia elétrica indicado pelo órgão regulador. Desde o início do programa de privatizações operado a partir da segunda metade da década de 1990, a qualidade da energia distribuída tem estado na pauta da ANEEL (Agência Nacional de Elétrica), monitorada por esta através de indicadores regulamentares estabelecidos. Para garantia do monitoramento da continuidade dos indicadores de qualidade, a ANEEL publicou a Resolução Normativa 024/2000, além da divulgação de uma disposição relativa à conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente, monitorada através da Resolução Normativa 505/2001. Ambas as resoluções foram revisadas e atualizadas no ano de 2015, com a promulgação do PRODIST (Procedimentos de Distribuição) através do Módulo 8.

Em 2003, o Governo Federal decidiu rever as bases do modelo institucional do setor elétrico. O forte contingenciamento (“Racionamento Energético”) ocorrido entre junho de 2001 e fevereiro de 2002 (agravado pela insuficiência de investimentos na expansão do sistema); o crescente endividamento das concessionárias de distribuição de

energia elétrica (dificultando a continuidade e qualidade na prestação do serviço); as dificuldades na implementação da modicidade tarifária para os consumidores e universalização do acesso dos serviços de energia elétrica impuseram a necessidade de um rearranjo regulatório.

Por meio do documento “Proposta de Modelo Institucional do Setor Elétrico”, divulgado pelo MME (Ministério de Minas e Energia) em dezembro de 2003, o Governo Federal deixou claro que o desafio seria estabelecer um marco regulatório que garantisse os incentivos adequados aos novos investimentos, preservando os interesses dos diversos agentes do setor elétrico e consumidores, de modo a promover o bem-estar e a eficiência econômica.

As expectativas de aquecimento econômico e, por consequência, incremento do PIB (Produto Interno Bruto) impõem ao país a necessidade de seguir com velocidade o processo de simplificação das políticas de incentivo ao investimento nas redes básicas de distribuição para poder prevenir futuras crises de escassez de energia elétrica na próxima década.

Também constituem desafios e gargalos à expansão do sistema elétrico brasileiro o baixo nível de interação entre as instituições de pesquisa e as empresas, que poderiam utilizar com maior ênfase os recursos financeiros dos “Fundos Setoriais” dedicados aos projetos de pesquisa e desenvolvimento do setor.

Sobre as questões de investimento na expansão dos sistemas elétricos das distribuidoras, Castro Silva (2007) destaca que desde a segunda metade da década de 1990 é notório o esgotamento dos recursos públicos para a expansão dos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica por meio de fontes de financiamento exclusivamente de origem pública. Produto desta incapacidade de investimento, foi iniciada uma deterioração da infraestrutura de ativos. Para reverter esse quadro, ainda segundo o autor, os acréscimos de demanda poderiam ser novamente alimentados com políticas expansionistas de investimento, mudanças estruturais e também com a tendência à viabilização de uma maior participação da iniciativa privada. Pereira (2009) destaca que os sistemas de distribuição de elétrica no Brasil possuem como particularidade grandes extensões de rede de distribuição, cargas elétricas de diferentes características distribuídas de forma não uniforme, sendo estes fatores associados ao elevado número de quedas de tensão e variações significativas ao longo dos circuitos. Vargas (2013), destaca que, devido a estas características, somadas ao crescimento

vegetativo do número de clientes e o consequente aumento da demanda de energia elétrica, que também impactam na condição de operação do sistema, as distribuidoras direcionam massivos investimentos para a adequação das condições de fornecimento. O foco da priorização dos investimentos deve ser justamente aquele direcionado à atuação de forma preditiva ao sistema da distribuidora, evitando problemas estimados pelo crescimento esperado da demanda, identificado através da previsão de carga.

O segmento de distribuição de energia elétrica tem investido muito em tecnologia direcionada aos aspectos de construção e de manutenção dos sistemas de distribuição através de suporte e monitoramento em tempo real, que fornecem informações de todo o sistema. Estas tecnologias proporcionam significativos ganhos e vantagens competitivas para a tomada de decisão. Para Ferret (2012), as empresas até buscam o auxílio de técnicas de otimização e priorização para a alocação dos investimentos, no entanto, ainda existe um mau uso de toda essa quantidade de dados no intuito de estabelecer os melhores critérios que contemplem aspectos técnicos e econômicos para a mais eficiente decisão para alocação dos investimentos.

Vargas (2013), corrobora que o processo de tomada de decisão sobre os investimentos no setor elétrico é um exercício considerado indispensável para o alcance dos objetivos estratégicos das empresas, principalmente no que diz respeito aos investimentos de médio e grande porte visando soluções eficazes de curto, médio e longo prazo para o sistema de potência. Nesse sentido, o mesmo autor destaca que para manejar toda essa quantidade de dados, no intuito de estabelecer os melhores critérios que contemplem aspectos técnicos e econômicos para a mais eficiente priorização para alocação dos investimentos, requer a adoção de metodologias de auxílio à tomada de decisão nos diferentes níveis de planejamento da distribuidora de energia elétrica.

Neste sentido, no presente estudo objetiva-se propor uma metodologia suportada pela Técnica de Similaridade por Solução Ideal – TOPSIS, para avaliação da sustentabilidade das principais empresas do setor elétrico brasileiro, de forma a possibilitar a identificação de benchmark para proposição de melhorias futuras. Com isso, quanto ao tipo de problema sustentável observado, a pesquisa oferece uma nova abordagem no setor energético.

Como procedimento metodológico foi utilizado o método de ordenação de similaridade por solução ideal – TOPSIS. O TOPSIS é um método multicritério baseado na minimização simultânea de distância de um ponto ideal e maximização da distância de

um ponto ante ideal, podendo incorporar pesos relativos de critério de importância, sendo uma técnica prática e útil de classificação e seleção de um número de alternativas determinadas externamente através de medidas de distância e possui como vantagem, comparativamente a outros métodos multi-atributo, a capacidade de identificar a melhor alternativa rapidamente.

A contribuição da pesquisa consiste, primeiramente, em avaliar e comparar o desempenho de empresas do setor elétrico, considerando as dimensões Qualidade, Produtividade e Segurança. Adicionalmente, a pesquisa complementa uma lacuna de literatura na proposição de métodos de apoio à decisão para reduzir a subjetividade da avaliação da sustentabilidade organizacional. Por fim, o método contribui para a literatura e para o setor elétrico na análise, interpretação e predição de indicadores da sustentabilidade no setor.

O presente artigo é organizado em quatro seções adicionais a esta. A seção II descreve o método TOPSIS, suas etapas e vantagens. Na seção III há a aplicação do método TOPSIS para a avaliação da sustentabilidade em empresas que atuam no setor elétrico brasileiro de acordo com indicadores do GRI. A seção IV corresponde à discussão de resultados e a seção V mostra as conclusões.

## **O PROBLEMA DE SOBRECARGA DE DEMANDA DO SISTEMA ELÉTRICO**

O problema de sobrecarga de demanda do sistema elétrico e seus impactos para o atingimento das metas estabelecidas para os níveis de tensão de fornecimento de energia elétrica são estudados anualmente pelas áreas de Planejamento de Demanda Energética e Investimento das distintas distribuidoras de energia quando da elaboração do documento “*Expected Network Behavior*”, submetido à ANEEL.

Nestes estudos são realizadas simulações do fluxo de potência em todo o sistema elétrico nos níveis de alta e média tensão para identificar a situação atual e a projeção das criticidades de carregamento do sistema elétrico da companhia para horizontes de médio prazo (5 anos) e longo prazo (10 anos), de acordo com a projeção de crescimento do mercado atual. No caso da distribuidora estudada, os critérios são estabelecidos através de uma política interna, também aplicada a outras distribuidoras do grupo empresarial ao qual faz parte.

Entendem-se por criticidades de carregamento todos os eventos apontados pelo

algoritmo informático de simulação nos quais o sistema elétrico da distribuidora apresentará uma sobrecarga para atender o fluxo de potência que será demandado pelos consumidores da distribuidora, dentro do horizonte temporal definido no estudo.

Lima et al. (2018) destacam que tradicionalmente, a estabilidade do sistema é avaliada através da análise de uma lista de contingências, considerando diversos cenários operativos associados às criticidades de carregamento. Esta avaliação é um processo muito árduo, devido à complexidade e dimensão dos modelos simulados, consumindo um tempo computacional significativo e a análise de cada simulação requer inspeção visual de várias trajetórias no tempo, impedindo uma verificação minuciosa e abrangente.

Para a identificação das criticidades de carregamento são apuradas as demandas em MW dos transformadores de AT (Alta Tensão) /AT (Alta Tensão), AT (Alta Tensão) /MT (Média Tensão) e MT (Média Tensão) /MT (Média Tensão) além dos carregamentos das linhas de AT e dos alimentadores de MT. Através da simulação, os distintos elementos da rede podem ser classificados em 3 tipologias:

- ✓ Criticidade “A”: quando o carregamento deles é superior a 120% da capacidade nominal, sendo essa, a de maior impacto ao sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica;
- ✓ Criticidade “B”: quando o carregamento está entre 110% e 120% da capacidade nominal;
- ✓ Criticidade “C”, quando o carregamento está entre 100% e 110% da capacidade nominal.

Além das criticidades de carregamento, o algoritmo informático também realiza a apuração das criticidades de tensão para os barramentos de alta e média tensão. Os níveis de tensão na rede de distribuição são também indicadores regulatórios monitorados pelo agente regulador e, de acordo com o Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição da ANEEL, são classificados segundo os níveis de tensão dispostos na Tabela 1, abaixo:

**Tabela 1** – Pontos de Conexão de Acordo com a Tensão Nominal

Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV	
Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,95TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,90TR \leq TL < 0,95TR$ ou $1,05TR < TL \leq 1,07TR$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,07TR$

Pontos de conexão em Tensão Nominal superior a 1 kV e inferior a 69 kV	
Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,93TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,90TR \leq TL < 0,93TR$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,05TR$

Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (220/127)	
Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(202 \leq TL \leq 231) / (117 \leq TL \leq 133)$
Precária	$(191 \leq TL < 202$ ou $231 < TL \leq 233) /$ $(110 \leq TL < 117$ ou $133 < TL \leq 135)$
Crítica	$(TL < 191$ ou $TL > 233) / (TL < 110$ ou $TL > 135)$

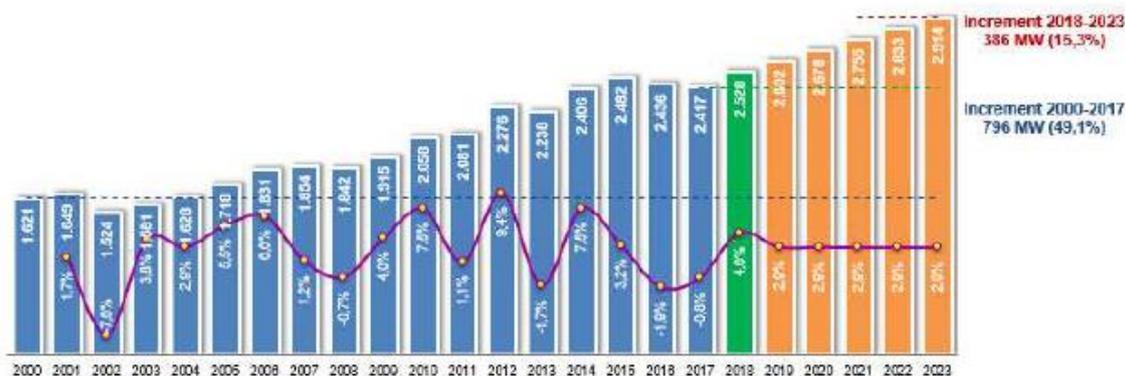
Fonte: ANEEL (2018)

Para a preparação do documento “*Expected Network Behavior*” referente ao período compreendido para os anos de 2018-2023, o algoritmo de simulação foi carregado com os dados da demanda máxima em MW de 1.303 elementos do sistema da distribuidora de energia elétrica estudada. As informações das demandas máximas utilizadas para o período estudado, assim como um histórico desde o início da medição de sua série histórica iniciada no ano 2000, são apresentados na Figura 1, abaixo.

Da apuração da figura a seguir, se evidencia que desde o início da apuração histórica do indicador, a demanda em MW da distribuidora apresentou uma variação de 55,9% (+ 907 MW) entre os anos 2000-2018 e que, somente no período de preparação do novo informe (2019-2023) a demanda energética da companhia apresentará um crescimento de 15,3%, (+ 386 MW).

Dos resultados da simulação, também se depreende que somente nos próximos 5 anos (2019-2023), a demanda energética dos consumidores crescerá 42,5% de todo o crescimento de demanda verificado nos últimos 18 anos (2000-2018).

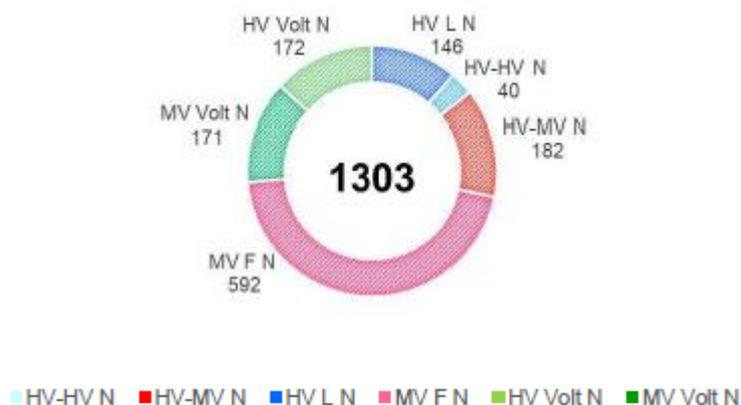
**Figura 1 - Histórico de Demanda Máxima e Projeção Futura (2000-2023)**



Fonte: Os Autores (2018)

Produto das simulações obtidas através do algoritmo informático, pode-se apurar através da Figura 2, a seguir, o cenário com o quantitativo dos 1.303 elementos analisados, segundo as distintas tipologias e níveis de tensão e, na Figura 3 também a seguir, o resumo com o quantitativo de criticidades de carregamento apontados para o ciclo 2019-2023 do relatório “*Expected Network Behavior*”:

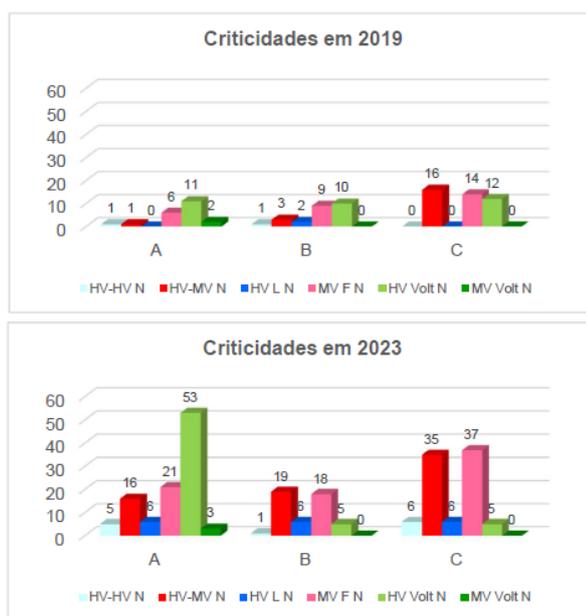
**Figura 2 - Elementos Analisados para a Empresa Estudada em 2018**



Fonte: Os Autores (2018)

A partir do resultado das simulações obtidas através do algoritmo informático, pode-se apurar através da Figura 3, a seguir, um incremento de 275% no volume de criticidades de carregamento quando comparados o comportamento da demanda em MW do sistema de distribuição do ano 2023 com respeito ao cenário atual do ano 2019:

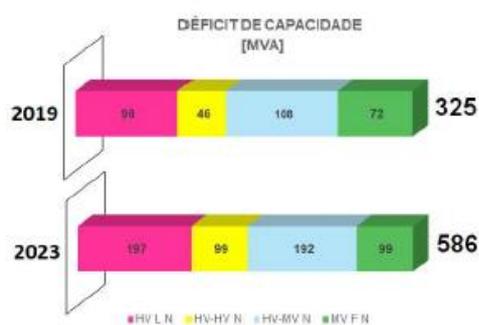
**Figura 3 - Evolução das Críticas de Carregamento (2019-2023)**



Fonte: Os Autores (2018)

Por fim, as projeções de demanda do sistema no ciclo atual de estudo apontavam para um déficit de capacidade de 325 MVA, para o ano de 2019, progredindo para o patamar de 586 MVA até o ano de 2023, conforme ilustrado na Figura 4. O ano de 2019 foi o baseline para a análise do ciclo de 5 anos objeto do planejamento de curto prazo:

**Figura 4 - Evolução do Déficit de Capacidade do Sistema (MVA)**



Fonte: Os Autores (2018)

Desta forma, em razão das necessidades apontadas pelo estudo quinquenal (ciclo 2019-2023), a Área de Planejamento da Demanda Energética e Investimentos da distribuidora de energia elétrica propõe a realização de um conjunto de obras necessárias

para solucionar as futuras criticidades do sistema elétrico. Estas obras passam por um comitê de avaliação que prioriza a execução das mais relevantes, em especial as que permitam solucionar o maior número de criticidades, mas sempre limitadas ao teto orçamentário máximo previsto dentro do BIP (*Budget Investment Plan*) para o ciclo em questão.

## A MODELAGEM POR MEIO DA TÉCNICA DE SIMILARIDADE POR SOLUÇÃO IDEAL

O TOPSIS foi primeiramente desenvolvido por Hwang e Yoon (1981) a fim de solucionar um problema à tomada de decisão com múltiplos atributos e isso forneceu o princípio do compromisso em que a alternativa escolhida deve ser a de menor distância da Solução Ideal Positiva (PIS) e a de maior distância da Solução Ideal Negativa (NIS).

O TOPSIS objetiva minimizar a distância para a alternativa ideal enquanto maximiza a distância até o ponto ante ideal (HWANG et al., 1993). A solução ideal é formada tomando-se os melhores valores alcançados pelas alternativas, durante a avaliação em relação a cada critério de decisão, enquanto a solução ante ideal é composta de forma similar, tomando-se os piores valores.

Segundo o autor, a aplicação do método TOPSIS pode ser simplificada nas seguintes etapas:

- (1) Desenvolver matriz de avaliação com  $m$  alternativas e  $n$  critérios, sendo que a intersecção entre cada alternativa e critério é dada por  $x_{ij}$ , para o qual a matriz  $(x_{ij})_{m \times n}$  é obtida.
- (2) Normalizar a matriz  $(x_{ij})_{m \times n}$  para  $R^* = (r_{ij})$ . Neste estudo, usou-se o método de normalização vetorial, conforme demonstrado na Equação 1:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} = 1, 2, \dots, m \text{ e } j=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

- (3) Ponderar matriz. Desenvolver um conjunto de constantes de escala  $w_k$  para cada um dos critérios. A base para esta ponderação pode ser o reflexo *ad hoc* da importância relativa. A ponderação da matriz é dada pela Equação 2:

$$v_{ij} = (w_{ij})_{m \times n} = (w_j r_{ij})_{m \times n} \quad (2)$$

Em que,  $w_j$  é a constante de escala dado para o critério  $j$ , e  $\sum_{i=1}^n w_j = 1$ .

- (4) Identificar a alternativa ideal ou (desempenho extremo em cada critério) ou SIP.

(5) Identificar a alternativa de ponto ante ideal ou (desempenho extremo reverso em cada critério) ou SIN.

(6) Obter medidas de distância com base em distância Euclidiana. Desenvolver uma medida de distância para cada ponto ideal ( $D^+$ ) e para cada ponto ante ideal ( $D^-$ ), dadas respectivamente pelas Equações 3 e 4:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - s_{ij}^+)^2}, \text{ para } i = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - s_{ij}^-)^2}, \text{ para } i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

(7) Para cada alternativa, determinar a razão R igual à distância para o ponto ante ideal dividido pela soma da distância ao ponto ante ideal e a distância para o ponto ideal (Equação 5).

$$R_i = D_i^- / (D_i^- + D_i^+) \quad (5)$$

(8) Através do software Excel, obter a ordem de classificação das alternativas pela maximização da relação da etapa 7.

O processo metodológico adotado foi estruturado em 4 etapas: Coleta, Tratamento, Modelagem e Análise de dados.

O período de coleta compreendeu os meses de janeiro a dezembro de 2018. Os dados foram analisados, mês a mês, a partir dos resultados obtidos por cada uma das sucursais operacionais, a partir do histórico de cada um dos 9 (nove) indicadores de desempenho no período considerado.

A coleta de dados ocorreu por meio de análise documental e utilização da base de dados do Sistema de Gestão de Indicadores da Companhia. Para obtenção dos dados relativos à pesquisa, foram identificados os indicadores de desempenho (KPI) monitorados pelas 8 (oito) Sucursais Operacionais objeto do estudo, tendo sido selecionados, por critério de afinidade, às dimensões Qualidade, Produtividade e Segurança em um total de 9 (nove) indicadores, totalizando 864 (oitocentos e sessenta e quatro) resultados utilizados no estudo.

Cumprе ressaltar que os KPIs apresentados foram selecionados pelo fato de cumprirem com os requisitos estabelecidos na gestão regulatória, em especial na Portaria ANEEL 414/2010, estabelecidos pelo órgão regulador setorial. Tratam-se de indicadores com apuração mensal pelas distribuidoras e auditados anualmente pelo mesmo órgão setorial.

Para o tratamento qualitativo, os dados foram organizados e consolidados por dimensão de afinidade e respectivo sentido. Para o estudo foram selecionados apenas indicadores reconhecidos e validados pelo órgão regulador setorial. A pesquisa segue uma linha baseada em três pilares de medição de desempenho: Qualidade, Produtividade e Segurança. Foi realizada uma análise documental e todos os dados para cálculo dos indicadores foram retirados do Sistema de Gestão de Indicadores da Companhia que fazem parte das informações disponibilizadas anualmente no Relatório de Regulação Técnica – Comercial submetido à ANEEL.

Para uma comparação eficaz, isto é, garantir que as alternativas são comparáveis, os princípios abaixo foram obedecidos na escolha dos critérios, como os dispostos na Tabela 2, abaixo:

**Tabela 2** – Axiomas de Seleção de Critérios

<b>Axiomas</b>	<b>Definição</b>
Axioma 1 – Independência	Os critérios em consideração na modelagem devem ser independentes entre si.
Axioma 2 - Comparabilidade	Os indicadores selecionados devem permitir a comparação e a imposição de preferências.
Axioma 3 – Expectativa	Os critérios devem refletir as características essenciais do estudo.
Axioma 4 – Consistência	Os critérios devem ser consistentes com o objetivo do estudo

Fonte: Adaptado de Cunha (2016)

Com referência à Tabela 2, acima, de forma a trazer o contexto mais aplicado à vida real se buscou visualizar os indicadores previstos pela regulamentação do órgão setorial (ANEEL), buscando aqueles indicadores que garantissem máxima independência.

No que se refere, por exemplo, ao Axioma 1, se buscou a independência por meio dos indicadores que suportassem aspectos intrínsecos de cada um dos vetores selecionados para o estudo.

Para garantir que os critérios selecionados atendessem aos axiomas descritos na

Tabela 2, a seção abaixo foi dividida em 3 macro critérios (Qualidade, Produtividade e Segurança) demonstrando que os indicadores selecionados estão de acordo com os Axiomas 3 e 4 de refletir a essência e o objetivo do estudo. No que se refere, por exemplo, ao Axioma Expectativa, foram selecionados os indicadores DEC e FEC que refletem, respectivamente, o número de horas (em média) que um consumidor fica sem energia elétrica, durante determinado período e o número de vezes (em média) que um consumidor fica sem energia elétrica, também durante determinado período.

De forma a assegurar a independência dos parâmetros (Axioma 1), na seção abaixo foi demonstrada a forma de cálculo em conjunto com a descrição a função de cada indicador na estrutura das distribuidoras.

### (I) Dimensão: Qualidade

- DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora)

**Definição:** Indica o número de horas (em média) que um consumidor fica sem energia elétrica, durante determinado período.

**Forma de Medição:** Exprime o intervalo de tempo que, em média, cada consumidor do conjunto considerado ficou privado do fornecimento de energia elétrica, no período de observação, considerando-se as interrupções maiores ou iguais a 3 (três) minutos.

**Tendência:** Quanto menor melhor.

- FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora)

**Definição:** Indica o número de vezes (em média) que um consumidor fica sem energia elétrica, durante determinado período.

**Forma de Medição:** Exprime o número de interrupções que, em média, cada consumidor do conjunto considerado sofreu no período de observação, considerando-se as interrupções maiores ou iguais a 3 (três) minutos.

**Tendência:** Quanto menor melhor.

- Quantidade de Desarmes de Alimentadores (Média Tensão)

**Definição:** Indica a quantidade vezes que um alimentador (tronco de média tensão) sofreu uma interrupção de fornecimento, durante determinado período.

**Forma de Medição:**  $KPI = \text{Total de Desarmes de Alimentadores em Determinado Período Definido}$ .

**Tendência:** Quanto menor melhor.

- Quantidade de Desarmes Transitórios de Alimentadores (< 3 min) (Média Tensão)

**Definição:** Indica a quantidade vezes que um alimentador (tronco de média tensão) sofreu uma interrupção de fornecimento menor que um intervalo de 3 minutos, durante determinado período.

**Forma de Medição:** Total de Desarmes Transitórios de Alimentadores Inferiores a 3 min de Duração em Determinado Período Definido.

**Tendência:** Quanto menor melhor.

- Volume de Incidências Emergenciais (Baixa Tensão)

**Definição:** Indica o número de atendimentos emergenciais realizados por equipes da distribuidora para restabelecer o fornecimento de energia elétrica, durante determinado período.

**Forma de Medição:** KPI = Total de Atendimentos Emergenciais Durante Determinado Período.

**Tendência:** Quanto menor melhor.

## (II) Dimensão: Produtividade

- Volume de Podas de Árvores

**Definição:** Indica o número de podas de árvores realizadas, durante determinado período.

**Forma de Medição:** KPI = Total de Podas Realizadas Durante Determinado Período.

**Tendência:** Quanto maior melhor.

- Produtividade (Número de Atendimentos Emergenciais por Equipe Operacional)

**Definição:** Indica a produtividade de uma equipe de atendimento emergencial para restabelecer o fornecimento de energia elétrica das unidades consumidoras, durante determinado período.

**Forma de Medição:** KPI = Total de Atendimentos Emergenciais Executados por Equipe Operacional Durante Determinado Período.

**Tendência:** Quanto maior melhor.

- Tempo Médio de Atendimento (TMA)

**Definição:** Indica o tempo médio de atendimento de uma equipe de atendimento emergencial para restabelecer o fornecimento de energia elétrica das unidades consumidoras, durante determinado período.

**Forma de Medição:**  $KPI = \text{Tempo Médio para Restabelecimento do Fornecimento de Energia Elétrica em Determinado Período}$ .

**Tendência:** Quanto menor melhor.

É necessário destacar que a empresa estudada possui especialização intensiva em aplicação de telemetria por meio de dispositivos remotos (religadores e chaves telecomandadas) que permitem a regularização remota de 99,5% das interrupções de fornecimento identificados nos troncos de alimentadores. O delta de 0,5% efetivamente são as interrupções de fornecimento de energia elétrica enviadas localmente a equipes operacionais que tratam diretamente em campo.

### (III) Dimensão: Segurança

- Volume de Inspeções Termográficas (Média Tensão)

**Definição:** Indica o número de inspeções termográfica realizadas na rede de distribuição de média tensão com o objetivo de identificar potenciais falhas na rede, durante determinado período.

**Forma de Medição:**  $KPI = \text{Total de Inspeções Termográficas Executadas Durante Determinado Período}$ .

**Tendência:** Quanto maior melhor.

Desta forma, como referenciado na abertura deste tópico, o tratamento qualitativo dos dados foi organizado e consolidado por dimensão de afinidade e respectivo sentido, conforme apresentado na Tabela 3, a seguir:

**Tabela 3 – Indicadores de Desempenho Operacionais**

Indicadores	Dimensão	Definição	Fórmula de Cálculo	Tendência
<b>Volume de Podas de Árvores</b>	Produtividade	Indica o número de podas de árvores realizadas, durante determinado período	$KPI = \text{Total de Podas Realizadas Durante Determinado Período}$	Quanto maior melhor

<b>Produtividade (Número de Atendimentos Emergenciais por Equipe Operacional)</b>	Produtividade	Indica a produtividade de uma equipe de atendimento emergencial para restabelecer o fornecimento de energia elétrica das unidades consumidoras, durante determinado período	KPI = Total de Atendimentos Emergenciais Executados por Equipe Operacional Durante Determinado Período	Quanto maior melhor
<b>Tempo Médio de Atendimento (TMA)</b>		Indica o tempo médio de atendimento de uma equipe de atendimento emergencial para restabelecer o fornecimento de energia elétrica das unidades consumidoras, durante determinado período	KPI = Tempo Médio para Restabelecimento do Fornecimento de Energia Elétrica em Determinado Período	Quanto menor melhor
<b>DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora)</b>	Qualidade	Indica o número de horas (em média) que um consumidor fica sem energia elétrica, durante determinado período	KPI = Exprime o intervalo de tempo que, em média, cada consumidor do conjunto considerado ficou privado do fornecimento de energia elétrica, no período de observação, considerando-se as interrupções maiores ou iguais a 3 (três) minutos.	Quanto menor melhor
<b>FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora)</b>		Indica o número de vezes (em média) que um consumidor fica sem energia elétrica, durante determinado período	KPI = Exprime o número de interrupções que, em média, cada consumidor do conjunto considerado sofreu no período de observação, considerando-se as interrupções maiores ou iguais a 3 (três) minutos.	Quanto menor melhor
<b>Quantidade de Desarmes de Alimentadores (Média Tensão)</b>		Indica a quantidade vezes que um alimentador (tronco de média tensão) sofreu uma interrupção de fornecimento, durante determinado período	KPI = Total de Desarmes de Alimentadores em Determinado Período Definido	Quanto menor melhor

<b>Quantidade de Desarmes Transitórios de Alimentadores (&lt; 3 min) (Média Tensão)</b>	Qualidade	Indica a quantidade vezes que um alimentador (tronco de média tensão) sofreu uma interrupção de fornecimento menor que um intervalo de 3 minutos, durante determinado período	KPI = Total de Desarmes Transitórios de Alimentadores Inferiores a 3 min de Duração em Período Definido	Quanto menor melhor
<b>Volume de Incidências Emergenciais (Baixa Tensão)</b>		Indica o número de atendimentos emergenciais realizados por equipes da distribuidora para restabelecer o fornecimento de energia elétrica, durante determinado período	KPI = Total de Atendimentos Emergenciais Durante Determinado Período	Quanto menor melhor
<b>Volume de Inspeções Termográficas (Média Tensão)</b>	Segurança	Indica o número de inspeções termográfica realizadas na rede de distribuição de média tensão com o objetivo de identificar potenciais falhas na rede, durante determinado período	KPI = Total de Inspeções Termográficas Executadas Durante Determinado Período	Quanto maior melhor

Fonte: Os Autores (2018)

Para a modelagem aplicada do problema de decisão foram analisados 9 (nove) indicadores do período de 12 meses consecutivos referentes ao ano de 2018.

Os indicadores foram agrupados em 3 vetores: Qualidade, Produtividade e Segurança para os quais foram estruturadas as 3 respectivas matrizes de decisão. Para cada um dos critérios foram identificados os respectivos “impactos” (sentidos) dos valores esperados: “quanto maior melhor” ou “quanto menor melhor”, indicados, respectivamente por “positivo” ou “negativo”, conforme o caso real aplicado.

Ressalta-se que, neste primeiro processo de modelagem, foi adotado o critério de se associar peso igual entre os distintos critérios, desta forma o peso utilizado corresponde à unidade (1) dividida pelo total de critérios adotados por cada um dos 3 vetores.

A seguir, foi realizado o processo de Normalização da Matriz e Modelagem das Soluções Ideal Positiva (PIS) e Ideal Negativa (NIS) para cada um dos critérios associados aos vetores Qualidade, Segurança e Produtividade.

Conforme o processo teórico, após a estruturação da matriz de decisão, a primeira

etapa de aplicação do TOPSIS consiste na normalização da matriz, de forma a transformá-la em uma matriz adimensional para que assim, seja possível a comparação entre os distintos critérios.

Como primeira etapa da normalização, definimos os valores de máximo da matriz de decisão. De acordo com a Técnica do TOPSIS, a melhor alternativa será a mais próxima da solução ideal positiva e a mais distante da solução ideal negativa.

A solução ideal positiva é composta por todos os melhores valores atingíveis em relação a cada critério. Já a solução ideal negativa, evidencia os piores valores atingíveis em relação a cada critério de decisão.

- ✓ PIS: Maximiza os critérios de benefício e minimiza os critérios de custo.
- ✓ NIS: Maximiza os critérios de custo e minimiza os critérios de benefício.

Para identificar o quão distante da solução ideal está cada alternativa foi calculado a distância euclidiana entre os pontos de máximo e mínimo encontrados na seção.

De acordo com a Técnica do TOPSIS, a melhor alternativa será a mais próxima da solução ideal positiva e a mais distante da solução ideal negativa. Para identificar o quão distante da solução ideal está cada alternativa foi calculado a distância euclidiana entre os pontos de máximo e mínimo.

Por fim, a última etapa do TOPSIS para realizar o ranking de cada alternativa à luz dos respectivos critérios é identificar a similaridade relativa para cada alternativa (sucursais operativas) em relação a solução ideal positiva e a solução ideal negativa.

## **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Para esta avaliação foi adotada como ferramenta de análise e classificação a técnica de apoio multicritério à decisão a metodologia TOPSIS a qual melhor se adequou à proposta por diversas razões, entre elas: permite a utilização de um número ilimitado de propriedades e atributos, além de ser de fácil compreensão, sendo ainda relativamente simples, com um procedimento sistemático e de baixo esforço computacional.

A técnica TOPSIS é um método clássico para resolver problemas de multicritério, desenvolvido primeiramente por Hwang; Yoon (1981). Esta ferramenta baseia-se no conceito de que a melhor alternativa é aquela que tem a menor distância da Solução Ideal Positiva (PIS – *Positive Ideal Solution*) e a maior distância da Solução Ideal Negativa (NIS – *Negative Ideal Solution*). Sendo que a PIS tem as melhores medidas para todos os

atributos, enquanto a NIS tem as piores medidas para todos os atributos (Calili, 2010).

Vieira (2016) afirma que o TOPSIS é uma ferramenta comumente desenvolvida para a resolução de problemas de ordenação, utilizando o que na literatura existente é denominado de “proximidade relativa para os coeficientes”, de forma que esta ordenação esteja baseada na ideia de que a melhor alternativa deva ser aquela que esteja mais próxima da solução ideal positiva e mais distante da solução ideal negativa.

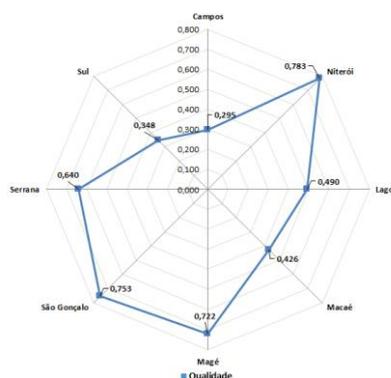
O método TOPSIS estabelece um mecanismo que é atrativo em data mining, pois pode considerar um número de atributos sistematicamente sem muita subjetividade humana (Zhang et al., 2005). Outra vantagem da metodologia TOPSIS é que se podem considerar numa mesma base de dados, critérios que geram benefícios (quanto maior, melhor) e critérios que geram custos (Zhang et al., 2005).

Com o objetivo da aplicação da técnica TOPIS foram analisados um conjunto de 8 indicadores operacionais classificados em 3 vetores: Qualidade, Produtividade e Segurança. Foram compilados e analisados 864 resultados das medições dos indicadores selecionados do ano 2018. A partir dos dados gerados pela matriz de decisão com a técnica TOPSIS, referente ao ano 2018 das 8 sucursais operativas da empresa estudada foram gerados gráficos comparativos dos indicadores selecionados.

## **RANKING DAS REGIONAIS OPERATIVAS – VETOR QUALIDADE**

O gráfico 1 promove uma visão geral do ranking de cada uma das regionais operativas sob o aspecto do vetor “Qualidade”. Da análise do gráfico, pode-se constatar que as Regionais de Niterói, São Gonçalo, Magé e Serrana obtiveram, nesta ordem, os melhores coeficientes normalizados e as localidades de Lagos, Macaé, Sul e Campos, nesta respectiva ordem, os menores coeficientes normalizados. Isoladamente, sob a análise da simulação dos resultados do vetor “Qualidade”, a priorização da alocação dos investimentos para a realização de novas obras necessárias à solução do maior número de pontos de criticidade do sistema elétrico de potência deveria ser centralizada, na ordem a seguir, nas Regionais de Niterói, São Gonçalo, Magé e Serrana.

**Gráfico 1 – Coeficientes Apurados (Scores TOPSIS - Vetor Qualidade)**

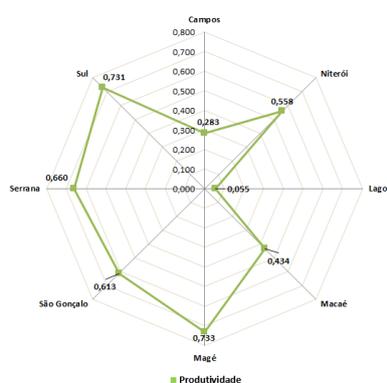


Fonte: Os Autores (2018)

## **RANKING DAS REGIONAIS OPERATIVAS – VETOR PRODUTIVIDADE**

O gráfico 2 promove uma visão geral do ranking de cada uma das regionais operativas sob o aspecto do vetor “Produtividade”. Da análise do gráfico, pode-se constatar que as Regionais de Magé, Sul, Serrana e São Gonçalo obtiveram, nesta ordem, os melhores coeficientes normalizados e as localidades de Niterói, Macaé, Campos e Lagos, nesta respectiva ordem, os menores coeficientes normalizados. Isoladamente, sob a análise da simulação dos resultados do vetor “Produtividade”, a priorização da alocação dos investimentos para a realização de novas obras necessárias à solução do maior número de pontos de criticidade do sistema elétrico de potência deveria ser centralizada, na ordem a seguir, nas Regionais de Magé, Sul, Serrana e São Gonçalo.

**Gráfico 2 – Coeficientes Apurados (Scores TOPSIS - Vetor Produtividade)**

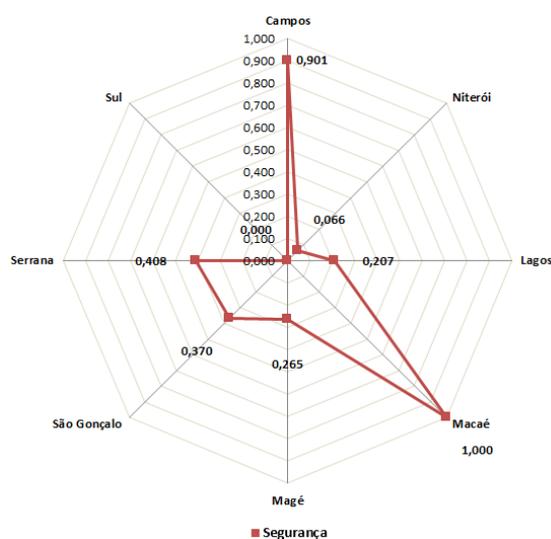


Fonte: Os Autores (2018)

## RANKING DAS REGIONAIS OPERATIVAS – VETOR SEGURANÇA

O gráfico 3 promove uma visão geral do ranking de cada uma das regionais operativas sob o aspecto do vetor “Segurança”. Da análise do gráfico, pode-se constatar que as Regionais de Macaé, Campos, Serrana e São Gonçalo obtiveram, nesta ordem, os melhores coeficientes normalizados e as localidades de Magé, Lagos, Niterói e Sul, nesta respectiva ordem, os menores coeficientes normalizados. Isoladamente, sob a análise da simulação dos resultados do vetor “Segurança”, a priorização da alocação dos investimentos para a realização de novas obras necessárias à solução do maior número de pontos de criticidade do sistema elétrico de potência deveria ser centralizada, na ordem a seguir, nas Regionais Macaé, Campos, Serrana e São Gonçalo.

**Gráfico 3** – Coeficientes Apurados (Scores TOPSIS - Vetor Segurança)



Fonte: Os Autores (2018)

## RANKING GLOBAL DAS REGIONAIS OPERATIVAS

A Tabela 4, a seguir, sumariza o resultado das apurações dos coeficientes e, ao mesmo tempo, permite a geração dos rankings consolidados por cada um dos vetores estudados.

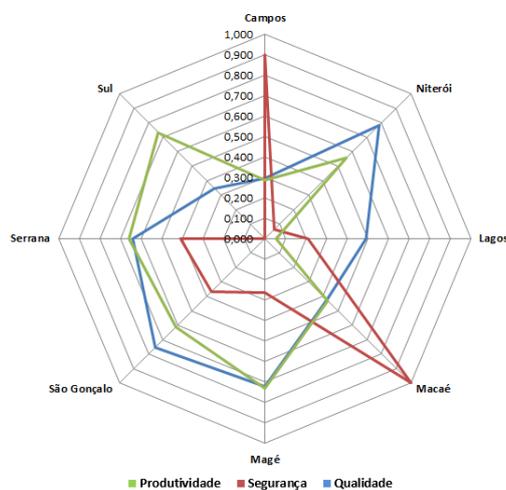
**Tabela 4** – Resumo Global dos Coeficientes Apurados e Rankings

Qualidade				
	D+	D-	Coeficiente	Ranking
Campos	0,098	0,041	0,295	8
Niterói	0,029	0,105	0,783	1
Lagos	0,075	0,072	0,490	5
Macaé	0,082	0,061	0,426	6
Magé	0,038	0,099	0,722	3
São Gonçalo	0,035	0,106	0,753	2
Serrana	0,048	0,086	0,640	4
Sul	0,103	0,055	0,348	7
Produtividade				
	D+	D-	Coeficiente	Ranking
Campos	0,124	0,049	0,283	7
Niterói	0,078	0,099	0,558	5
Lagos	0,169	0,010	0,055	8
Macaé	0,101	0,077	0,434	6
Magé	0,054	0,147	0,733	1
São Gonçalo	0,067	0,106	0,613	4
Serrana	0,061	0,119	0,660	3
Sul	0,057	0,154	0,731	2
Segurança				
	D+	D-	Coeficiente	Ranking
Campos	0,048	0,443	0,901	2
Niterói	0,460	0,032	0,066	7
Lagos	0,390	0,102	0,207	6
Macaé	0,000	0,492	1,000	1
Magé	0,362	0,130	0,265	5
São Gonçalo	0,310	0,182	0,370	4
Serrana	0,291	0,201	0,408	3
Sul	0,492	0,000	0,000	8

Fonte: Os Autores (2018)

O gráfico 4, por sua vez, sintetiza em um mesmo gráfico o resultado dos coeficientes apurados para cada um dos vetores estudados.

**Gráfico 4** – Scores Apurados Globais



Fonte: Os Autores (2018)

A transversalidade dos indicadores operacionais fica também evidente quando da avaliação dos resultados apurados pela ferramenta de ordenamento e a convergência que apontam para as sucursais operativas da companhia estudada.

Como parte da análise final dos resultados, evidencia-se que sob a análise da simulação dos resultados do vetor “Qualidade”, a priorização da alocação dos investimentos para a realização de novas obras necessárias à solução do maior número de pontos de criticidade do sistema elétrico de potência deveria ser ordenada pelas Regionais de Niterói, São Gonçalo, Magé e Serrana.

Sob a ótica da simulação dos resultados do vetor “Produtividade”, a priorização da alocação dos investimentos para a realização de novas obras necessárias à solução do maior número de pontos de criticidade do sistema elétrico de potência deveria ser ordenada pelas Regionais de Magé, Sul, Serrana e São Gonçalo.

Por último, sob a análise da simulação dos resultados do vetor “Segurança”, a priorização da alocação dos investimentos para a realização das mesmas obras necessárias à solução do maior número de pontos de criticidade do sistema elétrico de potência deveria ser ordenada pelas Regionais Macaé, Campos, Serrana e São Gonçalo.

Constatou-se que, de forma geral, independente do vetor analisado, há uma frequência de repetição de algumas regionais prioritárias para o foco do investimento, com destaque especial para as Regionais de Magé, Serrana e São Gonçalo.

## **CONCLUSÕES**

Neste trabalho foi aplicada a técnica de apoio à decisão conhecida como TOPSIS, técnica para avaliar o desempenho de alternativas através de similaridade com a solução ideal.

Com base nesta metodologia, o objetivo central deste trabalho foi alcançado com a construção de uma ferramenta para pré-seleção das melhores alternativas para alocação dos investimentos de uma distribuidora de energia elétrica visando a resolução do maior número de pontos de criticidade do sistema elétrico de potência, sendo um instrumento que preenche uma lacuna do conhecimento buscando a proposição de alternativas para o estabelecimento de melhores critérios de decisão para a alocação de investimento.

Para sua melhor performance, propõe-se que o modelo seja atualizado com periodicidade anual para refletir a dinâmica oriunda das variabilidades do mercado de distribuição de energia elétrica no qual a companhia está inserida, permitindo incorporar

variáveis, tais como, novos clientes relevantes a serem conectados à rede de distribuição ou entrada de novos agentes de geração conectados à rede da distribuidora.

Para o estudo de caso investigado, pôde-se observar a viabilidade de TOPSIS, atestando sua efetividade e simplicidade em termos de implementação computacional. Uma de suas vantagens é que o algoritmo não exige sintonia de quaisquer parâmetros.

O método permitiu a implementação de um processo robusto cujos resultados da modelagem motivaram o desenvolvimento de um sistema interno para aperfeiçoamento do processo decisório que envolve a alocação dos investimentos necessários para a solução do maior número de criticidades do sistema elétrico.

O objetivo desse trabalho foi: (i) identificar na literatura estudos sobre as principais restrições que dificultam a o processo de expansão dos sistemas de distribuição das distintas distribuidoras de energia elétrica; (ii) mapear na literatura estudos técnicos sobre critérios de alocação de investimentos para expansão de sistemas elétricos; (iii) definir critério de comparação dos indicadores operacionais de cada sucursal operativa e (iv) desenvolver a ferramenta proposta.

Observou-se que a aplicabilidade da técnica de similaridade com solução ideal (TOPSIS) procurou responder essas questões, apresentando resultados relevantes para a melhora do processo de tomada de decisão para alocação dos investimentos necessários à rede de distribuição.

Observando-se o perfil de desempenho apresentado pelas Regionais Operativas da empresa de distribuição de energia elétrica estudada, no que se refere aos 9 indicadores e suas 3 dimensões analisadas, evidencia-se que a aplicação da técnica tornou evidente a indicação das Regionais com maior potencial para a alocação dos investimentos necessários à solução do maior número de criticidades do sistema elétrico da distribuidora. Notadamente, a técnica apontou como resultado das simulações que as Regionais de Niterói, São Gonçalo, Magé e Serrana devem ser as prioritárias para a alocação dos fluxos de investimento, de modo a permitir o alcance dos objetivos empresariais conectados com as demandas definidas pelo órgão regulador. Ainda como pontos relevantes das conclusões, a ferramenta permitiu, por exemplo, apurar que a Regional Macaé é uma das regiões a serem abordadas dentro do perfil de investimentos, mas, à luz dos critérios atualmente empregados, não seria uma região mapeada atualmente para alocação de investimento.

O presente estudo teve como critério a análise geral dos indicadores regulados e

suas dimensões em todas as Regionais da distribuidora de energia elétrica estudada, sem levar em consideração critérios como número de consumidores conectados à rede de distribuição, equipe de apoio (número de colaboradores próprios e terceirizados), receitas brutas com venda de energia e respectivas despesas (OPEX) de cada região. Tais limitações se constituem em objeto de estudos futuros visando a incorporação de novas variáveis.

Uma das características da técnica de similaridade com solução ideal é não depender do elemento Decisor / Especialista para o processo de atribuição dos pesos e seleção das melhores alternativas, uma vez que estas decorrem exclusivamente dos resultados das simulações dos dados. Esta ação confere maior grau de assertividade na seleção das alternativas para alocação dos investimentos, pois elimina o olhar subjetivo de forma exclusiva atualmente adotado para a definição dos melhores cenários a serem praticados.

Dentre as limitações da proposta, inserem-se aspectos inerentes ao balanceamento entre os indicadores, uma vez os KPIs foram apropriados a partir dos clássicos anteriormente definidos pela Resolução utilizada.

Outro aspecto diz respeito à atribuição de pesos entre os vetores que não foram aplicados na presente proposta.

Um terceiro aspecto, diz respeito à participação de especialistas, quer, através de grupo focal ou através de formulário de pesquisa, considerando o pressuposto que os três vetores utilizados, bem como o conjunto dos KPIs inerentes a cada um dos vetores estão previamente definidos junto à regulação setorial, não havendo espaço abordagem nesta direção.

Sob o ponto de vista de desdobramentos futuros e impacto social, o presente estudo abre indicações para extensão do mesmo sob o ponto de vista de um projeto de Pesquisa de Desenvolvimento (P&D), dado os incentivos financeiros prestados pelo órgão regulador junto às distribuidoras de energia elétrica para a viabilização de projetos desta natureza.

## REFERÊNCIAS

Ali, S., Green, P. e Robb, A. (2015). **Information technology investment governance: What is it and does it matter?** International Journal of Accounting Information Systems, v.18, p.1–25.

Almeida, A. T. e Duarte, M. D. O. (2011). **A multi-criteria decision model for selecting project portfolio with consideration being given to a new concept for synergies**. Pesquisa Operacional, v.31, n.2, p.301–318.

Almeida, D.R. e Negrão A.C.M (2005). **Expansão Sustentada do Setor Elétrico Brasileiro: Desafio para a Regulação e Espaço para a Empresa Estatal**. PRÊMIO DEST/MP DE MONOGRAFIAS – ESTATAIS, Rio de Janeiro, RJ.

Castro Silva, W. A. (2007). **Investimento, Regulação e Mercado: Uma Análise do Risco no Setor Elétrico**. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Federal de Lavras, MG.

Cossi, A. M. (2008). **Planejamento de Redes de Distribuição de Energia Elétrica de Média e Baixa Tensão**. Tese (Doutorado em Energia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Ilha Solteira, SP.

Cunha, F. (2016). **Independência e o Modelo de Preferências Bewley Variacional**. (Dissertação Mestrado), Instituto de Matemática e Estatística – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

Lehnhart, (2015). **Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição Através da Simulação de Alternativas e Análise Multicritério**. Tese (Mestrado em Energia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, RS.

Lima, L., Silva A., Jardim, J. e Jr. Z. (2018). **Avaliação da Criticidade Dinâmica de Subestações em Redes Elétricas Considerando Esquemas de Proteção de Sistemas**. Anais do XXII Congresso Brasileiro de Automática, João Pessoa, PB.

Serrano, R.O.L. (1999). **O Setor Elétrico e Sua Inserção num Cenário Globalizado**. Monografia de Pós-Graduação – MBA Energia Elétrica, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

Vieira, M. S. (2016). **Avaliação de Desempenho em Instituições de Ensino Técnico com Apoio da Técnica de Similaridade Com Solução Ideal**. Tese (Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão). Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.

Zhang et al., (2005). **Introduction to special section on “Toward Reducing Cloud-Climate Uncertainties in Atmospheric General Circulation Models”**. Journal of Geophysical Research, Vol. 110, DOI:10.1029/2005JD005923, 2005

*Recebido em: 08/11/2022*

*Aprovado em: 10/12/2022*

*Publicado em: 15/12/2022*