

# Aprimoramento do Processo de Planejamento do Sistema Elétrico de Média Tensão Utilizando Gestão do Conhecimento e Inteligência Artificial

Alessandro M. Maciel, Anderson H. Uyekita, André Meffe, Carlos C. B. Oliveira, Dário Takahata, Paulo Baumann  
Daimon Engenharia  
São Paulo, Brasil  
alessandro.maciell@daimon.com.br,  
anderson.uyekita@daimon.com.br,  
andre.meffe@daimon.com.br, barioni@daimon.com.br,  
dario@daimon.com.br, paulo@daimon.com.br

Neissan Alencastro, Ricardo H. Guembarovski  
CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina  
Florianópolis, Brasil  
neissan@celesc.com.br, ricardohg@celesc.com.br

**Resumo**— Este artigo apresenta a metodologia e seu correspondente software, como resultados de um projeto de P&D da ANEEL, realizado pela Daimon Engenharia e pela CELESC Distribuição. O resultado dessa parceria foi o desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão, que concatena o uso da Gestão do Conhecimento para promover a memória organizacional do Processo de Planejamento do Sistema de Distribuição de Média Tensão (SDMT), e o uso de uma teoria de tomada de decisão multicritério, baseada num algoritmo evolutivo. O primeiro baseia-se no uso de taxonomias que caracterizam o SDMT, o problema técnico, e as soluções possíveis (obras) com base em experiências adquiridas. Estas marcações de taxonomias permitem a recuperação das soluções utilizadas pelos usuários em situações passadas, promovendo a perpetuação das boas práticas. O segundo utiliza uma abordagem a posteriori em termos de articulação de preferências para resolver problemas multiobjetivos. Portanto, estes dois módulos combinados foram implementados no mesmo software para aprimorar o processo de planejamento por intermédio da otimização da priorização de obras (algoritmo genético com articulação de preferências a posteriori) e da aprendizagem organizacional (Gestão do Conhecimento).

**Palavras Chaves**—gestão do conhecimento, otimização multiobjetivo, planejamento, taxonomias.

## I. INTRODUÇÃO

Visando alcançar os padrões de qualidade de energia estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a CELESC Distribuição, através de suas Agências Regionais, propõe obras de ampliação e melhoria do sistema elétrico de distribuição para atender a todos os critérios técnicos estabelecidos por este órgão regulador.

Devido à grande quantidade de obras que são propostas pelas 16 Agências Regionais, e também à restrição de recursos disponíveis para a execução das obras, a CELESC não tem sido capaz de executar todos os pedidos que são recebidos. Em 2014, por exemplo, 148 obras de melhoria e ampliação foram

solicitadas, demandando aproximadamente R\$ 53 milhões para que as mesmas fossem realizadas. Deste total, somente 64 obras foram selecionadas, o que resultou em um investimento de apenas R\$ 13 milhões, ou seja, um montante que somados representou somente 25% do necessário para executar todos os projetos propostos pelas Agências Regionais.

Levando-se em consideração este quadro, ou seja, a grande quantidade de obras a serem selecionadas e a restrição orçamentária existente, verificou-se que é de extrema importância aprimorar o processo de planejamento tendo em vista a otimização do programa de investimento em obras de ampliação e melhoria do SDMT.

## II. OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é o de apresentar uma metodologia e seu correspondente programa de computador com base em conceitos de Gestão do Conhecimento, que irão manter a memória organizacional da CELESC (destinado a melhorar os dados de entrada acessível aos futuros usuários e engenheiros da área de Planejamento da CELESC), juntamente com outra ferramenta, com base em uma metodologia de otimização com articulação de preferências a posteriori, que produz um plano de obras (destinado a melhorar os resultados de saída). Desta forma, o primeiro ajuda o usuário a escolher a solução através da utilização de conceitos de Gestão do Conhecimento, melhorando os dados de entrada, ou seja, resgatando a memória organizacional da CELESC, a fim de sugerir soluções, de acordo com o tipo de rede elétrica, além do tipo e causa dos problemas envolvidos. Por outro lado, o segundo irá produzir uma lista de obras que será o conjunto otimizado de proposições de cada Agência Regional da CELESC, a fim de resolver cada um dos problemas propostos em termos de quedas de tensão, sobrecarga de alimentadores e problemas de Confiabilidade.

## III. METODOLOGIA

### A. Gestão do Conhecimento

#### 1) Introdução

Com o objetivo de melhorar o processo de Planejamento da CELESC, desde a proposição até a seleção de obras, foi elaborada uma ferramenta corporativa baseada em Gestão do Conhecimento, que auxiliará a difusão das boas práticas e se evitarão as más. Atualmente, o conhecimento é compartilhado entre algumas pessoas e muitas vezes não é formalizado em uma ferramenta corporativa, o que o torna muito vulnerável a ser perdido, devido a aposentadorias, realocação de funcionários, etc. A falta de tal informação de forma documentada e estruturada em âmbito corporativo, também pode resultar em conclusões tendenciosas e imprecisas, já que não há um fator de comparação em relação às suas soluções, pois não existe avaliação do desempenho dos SDMT consoante aos investimentos realizados [1].

## 2) Gestão do Conhecimento

A gênese da gestão do conhecimento (GC) está nas áreas de Gestão de Negócios e Empreendedorismo. O objetivo principal é a aplicação de métodos e técnicas da Gestão da Inovação Tecnológica para a melhoria de eficácia e eficiência de processos fornecedores de produtos ou serviços, e sistemas produtivos autossustentáveis. Em meados da década de 90, a GC despontou como conceito fundamental para organizações, pois o recurso básico não era mais o capital, e sim o conhecimento. A maior riqueza de uma organização é o conhecimento intrínseco (as pessoas) [2]. Por conseguinte, o desempenho organizacional adequado depende de quanto os profissionais efetivamente podem organizar, representar, refinar, compartilhar e, sobretudo, aplicar o conhecimento da melhor forma possível. No entanto, a GC não trata apenas de gerir ativos de conhecimento, mas também da gestão dos processos que atuam sobre esses ativos. Especialmente nos setores de serviços, é essencial existir a GC para que os ativos físicos possam ser geridos de modo eficiente [3].

### a) Processos da GC

A GC baseia-se numa coleção de processos relacionados ao conhecimento organizacional e nesse contexto, é importante destacar algumas definições básicas: Criação (Ocorre por meio da organização de conhecimento vigente em novas formas, através da combinação de informações relevantes, e/ou *insights* acerca da aplicação de conhecimento existente em novos contextos); Compartilhamento (Envolve o processo de fazer com que uma pessoa acompanhe e compreenda o contexto no qual o conhecimento é compartilhado. Relaciona-se a um processo de aprendizagem por parte do receptor, e não apenas à memorização); Armazenamento (Refere-se à representação da informação e do conhecimento existente visando ao seu acesso e à sua transferência. Trata-se da atividade de capturar informação e conhecimento existentes e colocá-los em repositórios de forma estruturada); e Reutilização: (Trata-se da utilização de informação e conhecimento já gerados ou utilizados no escopo da organização, com o objetivo de evitar a “reinvenção da roda” e valorizar a experiência anterior da organização) [4].

A GC pode ser entendida como uma coleção de processos que controlam as atividades de criação, disseminação, aquisição, utilização e reutilização do conhecimento visando cumprir os objetivos estratégicos da organização. De outra forma, a GC consistiria em identificar, gerar, reter e

compartilhar o conhecimento, bem como em facilitar a utilização do conhecimento para alcançar os objetivos [5].

### b) Processo de Planejamento

O processo de Planejamento merece destaque em qualquer circunstância, no plano empresarial, recursos incomensuráveis são muitas vezes desperdiçados de forma equivocada, repercutindo em severos prejuízos financeiros. Além dos aspectos puramente técnicos, outras questões tão relevantes quanto a tarefa de planejamento devem ser consideradas. Os métodos de Planejamento atualmente baseiam-se exclusivamente em modelos matemáticos e em algoritmos. Visando orientar o processo de planejamento à gestão do conhecimento, propõe-se que esse processo se realize por intermédio das seguintes etapas: **Identificar e diagnosticar problemas técnicos**: (cenários atuais e futuros) considerando crescimentos vegetativos; **Registrar os problemas técnicos e alternativos**: (obtem a memória organizacional, padroniza os problemas técnicos e as soluções, e identifica as alternativas para cada um dos problemas técnicos identificados); **Selecionar as Alternativas**: (identifica aquela que apresente o menor custo global - MCG); **Definir o orçamento**: (define para cada ciclo, o orçamento requerido, avaliações de despesas e metas estabelecidas no planejamento estratégico); **Priorizar as obras**: (considerar a severidade do problema e a atratividade do investimento: TIR, PAYBACK) e; **Publicar o programa de obras, avaliar e registrar o desempenho das obras realizadas**: (torna público o programa de obras e avaliar a eficácia do processo de Planejamento do ciclo anterior, verificando se as obras realmente resolveram os problemas diagnosticados) [1].

O processo de Planejamento é repleto de tarefas operacionais e intensivas em conhecimento. O conhecimento organizacional intrínseco ao processo de Planejamento depende das competências dos **profissionais** envolvidos, **processos** estabelecidos e **tecnologias** disponíveis durante a elaboração do Planejamento. Nesse contexto, é importante destacar que a GC conta com métodos, técnicas e instrumentos para organizar, representar e disseminar o conhecimento organizacional [4].

### c) Memória Organizacional

A memória organizacional (MO) pode ser entendida como um dos requisitos fundamentais para que a organização gere o seu conhecimento. Não se trata apenas de um banco de dados ou repositório de informações. Assim, a memória organizacional deve viabilizar o compartilhamento e a reutilização do conhecimento organizacional [6]. A MO envolve o armazenamento de vários tipos e formas de conhecimento, constituindo-se em abordagem que aprimora os processos organizacionais. A compreensão auxilia o Planejamento, comunicação e, sobretudo, tomada de decisão, à medida que as informações são resgatadas e processadas de acordo com o conhecimento organizacional. Adicionalmente, a MO baseia-se em mídias eletrônicas e em sistemas computacionais que armazenam as informações e o conhecimento que pode ser transmitido verbalmente ou através de documentos. Os problemas técnicos, os estudos, as obras e os respectivos investimentos, enfim, o dia a dia organizacional são registrados de acordo com requisitos estabelecidos no

processo de planejamento para posterior utilização dos dados, informações e conhecimento [7].

#### d) Taxonomias

As taxonomias são classificações específicas destinadas a uma aplicação ou conjunto de aplicações que são desenhadas para classificar de forma hierárquica um conjunto de termos ou conceitos. Essas classificações constituem-se num conjunto de relações hierárquicas do tipo “é um”, que permitem a categorização de itens de dados de baixo nível em conceitos de nível superior [9].

De acordo com a Gestão do Conhecimento, a taxonomia é essencial para a organização, a representação, e a de informações relevantes. Em âmbito mais específico, nessa pesquisa, as taxonomias são empregadas para a representação de fatos relacionados ao planejamento do SDMT, a exemplo dos sistemas de distribuição (SDMT), dos problemas técnicos, e das soluções técnicas, entre outros aspectos que forem julgados relevantes para gerenciar o conhecimento organizacional relacionado ao processo de planejamento [1].

#### e) Aprendizagem Organizacional

A Aprendizagem Organizacional (AO) é um processo voltado ao desenvolvimento da capacidade organizacional de adquirir, criar, acumular e explorar o conhecimento intrínseco à organização [4].

Os indivíduos são os elementos principais nesse contexto, pois na organização as informações entram e são disseminadas por intermédio deles. A AO é um processo de apropriação e geração de novos conhecimentos nos níveis individual, grupal e organizacional, envolvendo as mais variadas formas de aprendizagem formais e informais, alicerçado em uma dinâmica de reflexão, ação e solução de problemas.

A proposta de registro organizacional das tarefas relacionadas ao processo de Planejamento, concomitante a futuras avaliações do desempenho do sistema elétrico planejado constitui-se num aspecto fundamental deste paper. Espera-se que, através da atividade de registro organizacional, o conhecimento intrínseco ao processo de Planejamento seja organizado, armazenado, utilizado e refinado, propiciando a formação de novos conhecimentos para aperfeiçoar esse processo, de forma a perpetuar o ciclo de eficiência e a eficácia. O processo de Planejamento do sistema elétrico é dinâmico e, portanto, exige que o processo, o conteúdo (memória organizacional) e a prática (Planejamento em execução) estejam sempre interconectados, criando assim um ciclo de aprendizagem organizacional [4].

### B. Metodologia de Otimização Multiobjetivo para Seleção de Obras

A seleção de obras é um problema combinatorial que pode ser resumido de forma simplificada como um problema da mochila tipo 01 (sem repetição). O problema da mochila tem como objetivo maximizar funções objetivo, otimizando os itens escolhidos, cuja soma dos seus pesos não exceda a capacidade da mochila. Observa-se que o problema da mochila é análogo ao problema da seleção de obras, em que se busca selecionar obras que resultem na maximização de funções objetivo sujeitos a uma restrição orçamentária. A maximização simultânea de várias dimensões caracteriza um problema multiobjetivo.

Sabe-se que o problema da mochila tipo 01 é bem similar ao da codificação de algoritmos evolucionários. Além disso, os algoritmos evolutivos são considerados os mais consolidados para a resolução de problemas multiobjetivos com abordagem a posteriori. Estes fatos corroboraram para a escolha do Algoritmo Genético na resolução deste problema de otimização multiobjetivo (MOOP).

O processo de seleção de obras de expansão e melhoria é um problema multiobjetivo, dado que ele possui vários objetivos que precisam ser otimizados simultaneamente e estão sujeitos à restrição proveniente da limitação orçamentária. Deste modo, objetivou-se com este projeto de P&D, um aprimoramento do processo de seleção de obras, utilizando-se para isto a aplicação de algoritmos evolutivos, com uma abordagem multiobjetivo.

Existem inúmeros artigos sobre problemas multiobjetivo, no entanto, há dois que merecem destaque devido à sua abordagem com relação às obras de expansão e melhoria da rede elétrica: O trabalho [9], que usa o *Niched Pareto Genetic Algorithm* (NPGA), que leva em consideração os custos do projeto e algumas características técnicas de cada alimentador em estudo, tais como o número de consumidores, queda de tensão e índices de confiabilidade; e o trabalho [10] que utiliza um modelo analítico para otimizar um conjunto de projetos, usando o *Non Sorting Genetic Algorithm II*, conhecido como NSGA-II. Os critérios de otimização consideraram aspectos de qualidade de energia, desempenho operacional, número de consumidores e os impactos financeiros dos projetos.

#### 1) Abordagem A Posteriori de Articulação de Preferências

A abordagem a posteriori de articulação de preferências para problemas multiobjetivos busca, inicialmente, soluções viáveis que estão mais próximas à Fronteira ideal de Pareto. Deve-se salientar que, ao contrário de um problema com um único objetivo, no qual existe uma solução ótima, o problema multiobjetivo admite como resposta um conjunto de soluções. A ideia de compromisso entre os indicadores leva o problema multiobjetivo em uma abordagem a posteriori de articulação de preferências, a se ter várias soluções viáveis [11].

A Figura 1 mostra um exemplo de fronteira de Pareto e o conjunto de soluções delimitado pela mesma.

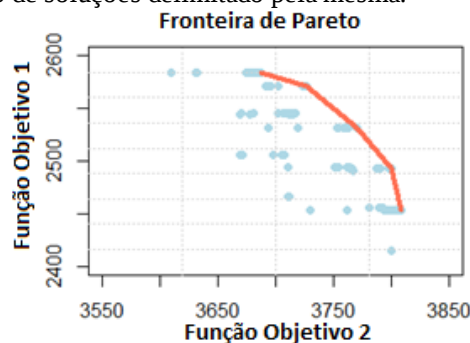


Figura 1 – Exemplo da Fronteira de Pareto e um conjunto de soluções

Devido à natureza combinatorial dos problemas multiobjetivo, a determinação analítica e a exploração de todas as combinações possíveis se tomam impraticáveis. Isto induz à utilização de ferramentas de otimização computacional para

encontrar soluções que estejam mais próximas da Fronteira de Pareto. A Figura 2 apresenta um exemplo da disposição de soluções após a execução do algoritmo de otimização. As soluções foram divididas em camadas, as quais serão descritas mais adiante.

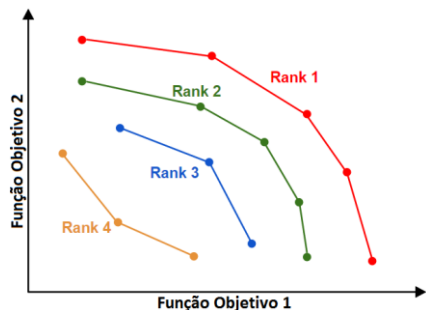


Figura 2 – Distribuição de soluções de problemas após o processamento do algoritmo de otimização

Assim, o limite de busca serão as soluções otimizadas, cuja distância à Fronteira de Pareto seja mínima. Só depois de se determinar a camada do conjunto de soluções, o tomador de decisão irá articular suas preferências para escolher a solução que melhor atende às suas expectativas, ou seja, a melhor solução que apresenta a relação de ganho mais adequada para ambos os critérios. Deve-se observar que a experiência do tomador de decisão é essencial neste tipo de trabalho, uma vez que não é possível determinar analiticamente a melhor solução, dada a função de compromisso existente entre os critérios da função multiobjetivo.

Pode-se atribuir, de forma simplificada, dois objetivos principais para os problemas multiobjetivos com abordagem a posteriori: Encontrar um conjunto de soluções que seja o mais próximo possível da Fronteira de Pareto e, encontrar soluções ao longo da Fronteira de Pareto que tenham uma grande variedade genética (isso é desejável para que as soluções não sejam enviesadas, nem tenham tendências para uma determinada função objetivo, o que pode influenciar o tomador de decisão).

## 2) Algoritmo Genético

O Algoritmo Genético Multiobjetivo utilizado para a solução do problema de seleção de obras foi baseado no algoritmo NSGA-II desenvolvido em [10]. Ressalte-se que foram utilizados todos os operadores desse algoritmo:

### a) Geração da População

Baseada numa estratégia destrutiva. Inicialmente, todos os indivíduos são considerados como aceitos. Randomicamente, um gene é sorteado para ter o seu alelo modificado.

### b) Seleção

A seleção de indivíduos é feita em duas etapas:

- Seleção pelo elitismo: Promoção automática para a próxima geração dos indivíduos que possuem ranking até 10;
- Seleção de indivíduos para o operador de torneio.

### c) Elitismo

Elitismo é a preservação da população dominante, que será automaticamente promovida para a próxima geração. Os

demais indivíduos da população são rejeitados, o que abre espaço para novos indivíduos. Para um funcionamento adequado desse operador é necessário que o operador dominância já tenha sido executado.

### d) Dominância

A dominância visa contabilizar as soluções que possuem desempenhos superiores em ambos os quesitos analisados. Note-se que o elitismo é determinado somente após o cálculo da dominância da solução em relação às demais.

### e) Crowding Distance

O *crowding distance* possui a finalidade de junto com a dominância, selecionar o indivíduo mais “apto” para o cruzamento. Este operador atua como critério de desempate entre soluções da mesma fronteira.

### f) Torneio

O torneio é um método de seleção de indivíduos que serão utilizados no cruzamento. Inicialmente, são sorteados 5 indivíduos, escolhe-se aquele que possuir o menor parâmetro de dominância e maior *crowding distance*.

### g) Cruzamento

Após a seleção dos indivíduos pelo método do torneio, são gerados dois indivíduos descendentes.

### h) Mutação

Conforme o nome do operador, a mutação possui a finalidade de inserir perturbações genéticas na população, cujo intuito é a de promover a saída de máximos locais.

## IV. RESULTADOS

### A. Gestão do Conhecimento: Taxonomias

Depois de intensas discussões entre os membros da CELESC e Daimon Engenharia, um conjunto de quatro taxonomias foi produzido para caracterizar/etiquetar todo o conjunto de questões relacionadas com os sistemas de distribuição de média tensão. São elas: sistemas elétricos, problemas, causas e soluções. Dado o tipo de sistema elétrico envolvido, o tipo do problema enfrentado pelo SDMT e as suas causas, o software será capaz de sugerir soluções, com base em experiências passadas, registradas na base de dados (memória organizacional) com relação aos planejamentos efetuados consoantes aos respectivos desempenhos técnicos dos SDMT advindos das obras realizadas.

Cada uma das taxonomias é mostrada a seguir. Para efeito ilustrativo, apenas a primeira delas será apresentada em detalhes, as demais três obedecem ao mesmo tipo de estrutura.

#### 1) Sistemas Elétricos

É dividida em nove subcategorias da seguinte forma:

- a) *Nível de urbanização*: Representa a taxa de urbanização dos consumidores conectados ao alimentador;
- b) *Ambiente*: Mostra o tipo de ambiente que circunda o alimentador. É subdividido em fauna local, flora local, clima local e terreno local;

- Fauna local: É dividida em aves (joão-de-barro, urubu e martim-pescador), mamíferos e anfíbios/répteis;

- Flora local: É dividido em grande porte (Mata Atlântica, reflorestamento/eucalipto, pinus eliotis, ilha de vegetação e outros) e de pequeno porte (bambu e seringueira);
- Clima Local: Divide-se em ciclone extratropical, tornados, alta poluição, chuvas torrenciais, *cumulus nimbus*, enchentes, deslizamentos, neve e maresia;
- Terreno local: É dividido em pantanoso, montanhoso e arenoso.

c) *Subestação*: Representa o tipo de configuração da subestação. É subdividido em sistema disjuntor e meio, barra simples, barra dupla e barra de transferência;

d) *Rede de Distribuição*: Representa o tipo de rede elétrica envolvida. É subdividida em: Rede aérea convencional (com cruzeta, com isolador pilar, alta poluição e com cabo-guarda); rede com cabo isolado; rede com cabo spacer e; rede MRT;

e) *Equipamento*: Mostra o tipo de equipamento elétrico no sistema elétrico. É subdividido em dispositivos de proteção (manual ou automático), dispositivos de manobra (manual ou automático), banco de capacitores (fixo ou automático) e reguladores de tensão;

f) *Estudos relacionados ao equipamento*: Mostra o tipo de estudo que foi realizado no sistema elétrico. É subdividido em estudo de proteção (seletivo ou coordenado otimizado), estudo de manobra (estudo de faseamento, alocação otimizada ou expedita), banco de capacitores (alocação otimizada ou expedita) e reguladores de tensão (alocação otimizada ou expedita);

g) *Abrangência do problema*: É subdividido em termos de Confiabilidade, carregamento de condutores e queda de tensão:

- Confiabilidade;
- Carregamento: É dividido em tronco, ramal (monofásico MRT ou trifásico) e ramal robusto (monofásico MRT ou trifásico);
- Tensão: É dividido em tronco, ramal (monofásico MRT ou trifásico) e ramal robusto (monofásico MRT ou trifásico);

h) *Carga*: Representa o tipo de informações sobre a carga no sistema elétrico. É subdividido em: densidade linear de demanda, densidade superficial de energia, ângulo de abertura e distribuição de densidade (variáveis alfa e baricentro/raio);

i) *Clientes especiais*: Representa o tipo de consumidor especial ligado ao sistema elétrico. É subdividido em clientes com alto consumo e VIP's.

## 2) Problemas

A taxonomia é dividida em duas subcategorias: Fornecimento e Atendimento ao cliente. Cada uma delas, por sua vez, apresenta várias subdivisões.

## 3) Causas

A taxonomia é dividida em duas subcategorias: Controláveis e não controláveis. Cada uma delas, por sua vez, apresenta várias subdivisões.

## 4) Soluções

A taxonomia é dividida em duas subcategorias: Investimento e Gestão Operacional. Cada uma delas, por sua vez, apresenta várias subdivisões.

## B. Algoritmo de Seleção de Obras

### 1) Resultados Básicos

Tabela 1 – Plano de obras 2014 e resultados da simulação

| Ag. Regional | Valor da Obra (Milhares de R\$) |         |         |         |
|--------------|---------------------------------|---------|---------|---------|
|              | Plano de Obras 2014             | Ponto A | Ponto B | Ponto C |
| AR 01        | 600                             | 915     | 915     | 1.295   |
| AR 02        | 820                             | 20      | 20      | 20      |
| AR 03        | 802                             | 890     | 890     | 890     |
| AR 04        | 600                             | 0       | 0       | 0       |
| AR 05        | 1.365                           | 4.525   | 4.016   | 4.064   |
| AR 06        | 1.278                           | 786     | 786     | 786     |
| AR 07        | 0                               | 0       | 523     | 523     |
| AR 08        | 1.698                           | 1.229   | 1.229   | 1.387   |
| AR 09        | 1.379                           | 714     | 714     | 714     |
| AR 10        | 590                             | 620     | 620     | 620     |
| AR 11        | 563                             | 1.533   | 1.533   | 1.533   |
| AR 12        | 1663                            | 500     | 500     | 0       |
| AR 13        | 465                             | 340     | 340     | 340     |
| AR 14        | 750                             | 350     | 350     | 350     |
| AR 15        | 549                             | 549     | 549     | 792     |
| AR 16        | 0                               | 0       | 0       | 0       |
| Total        | 13.123                          | 12.972  | 12.986  | 12.966  |

A Tabela 1 apresenta na segunda coluna, o Plano de Obras da Distribuição (PODI) real da CELESC que foi realizado no ano de 2014. Trata-se de montantes que representam os valores reais recebidos pelas Agências Regionais (AR), as quais tiveram 64 obras selecionadas dentre as 128 que foram apresentadas. As outras colunas representam três soluções, considerando o mesmo orçamento, de forma aproximada, e que foram encontradas através do algoritmo proposto neste trabalho para a otimização do PODI.

Verifica-se também que no ano de 2014 apenas cerca de R\$ 13 milhões foram destinados para tal investimento, contra os R\$ 53 milhões inicialmente solicitados pelas 16 Agências Regionais.

Outro aspecto que deve ser observado é a distribuição do orçamento entre as agências. As AR's 07 e 16 não foram contempladas com nenhuma obra para a composição do PODI 2014. Foi atribuído 56,3% do orçamento para cinco AR's, a saber: AR 05, 06, 08, 09 e 12, fazendo com que as outras nove AR's rateassem os 43,7% restantes do orçamento.

### 2) Simulação de Sensibilidade (Variação do Orçamento)

A Figura 3, mostrada a seguir, apresenta Fronteiras de Pareto que foram obtidas para sete diferentes orçamentos. Além da simulação para o orçamento de R\$ 13 milhões, que é representado através da curva roxa, foram simulados também quais seriam os possíveis planos de obra otimizados se, no ano de 2014, a CELESC possuísse alternativas orçamentárias, como p. ex. de R\$ 10 milhões (curva mais interna) até R\$ 16 milhões (curva mais externa).

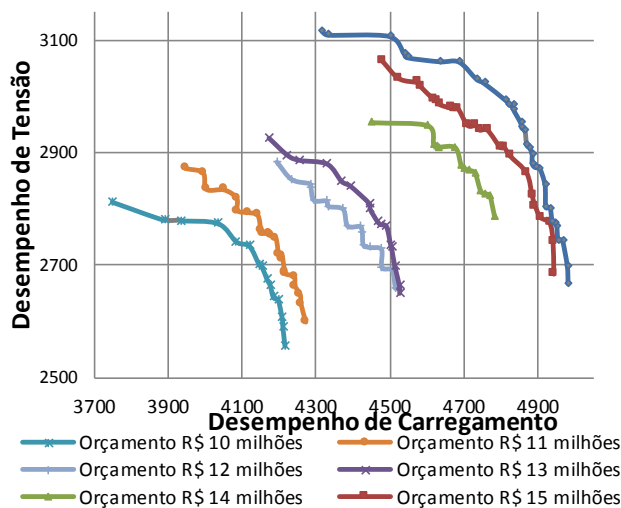


Figura 3 - Plano de Obras da Distribuição 2014 e sete Fronteiras de Pareto com diferentes orçamentos

Este resultado permite aos especialistas da CELESC avaliarem o quanto é vantajoso aumentar o orçamento destinado às obras de melhoria e ampliação. Há casos em que com o acréscimo de R\$ 1 milhão, haja um incremento significativo nos indicadores de desempenho de carregamento e desempenho de tensão. Um exemplo disto pode ser visualizado no espaçamento que existe entre a curva originada pelo orçamento de R\$ 13 milhões (curva roxa) e a curva de R\$ 14 milhões de reais.

No entanto, também existem casos em que o aumento de R\$ 1 milhão não é significativo na melhoria do desempenho dos indicadores utilizados neste trabalho. Um exemplo disso são as curvas de R\$ 15 e R\$ 16 milhões (curvas mais externas). Apesar de terem uma diferença de R\$ 1 milhão, as duas curvas estão bem próximas.

## V. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou uma metodologia constituída por dois módulos. O primeiro módulo remete a gestão do conhecimento, pois propicia aprendizagem organizacional por intermédio da memória organizacional, das taxonomias e da identificação de boas práticas relacionadas ao processo de planejamento. O segundo módulo propõe a otimização da priorização de obras baseada em algoritmos genéticos, articulação de preferências a posteriori associada a fronteira de Pareto.

Esta metodologia produziu um plano de obras otimizado para as obras da distribuição da CELESC, o qual foi comparado com o plano de obras de 2014, visando com isto avaliar a eficácia do algoritmo computacional desenvolvido.

Vale ressaltar que o PODI 2014 pode ter levado em consideração outras variáveis escolhidas pela CELESC, as quais não foram consideradas pela presente metodologia aqui apresentada. Por este motivo, é plausível considerar que tenham sido contempladas outras questões, podendo as mesmas serem de caráter subjetivo, político, etc. Tal consideração se faz necessária para que soluções como a do Ponto A da Tabela 1, onde três AR's não receberam qualquer investimento, sejam evitadas, ou ainda para impedir que uma Agência Regional fique com um alto percentual do orçamento anual.

Finalmente, é importante destacar ainda que no atual estágio deste projeto de P&D, devido à falta de dados iniciais e memória organizacional, não foi possível avaliar ainda, os benefícios trazidos pela Gestão do Conhecimento aplicada ao processo de planejamento do SDMT.

## VI. REFERÊNCIAS

- [1] Guembarovski, H. R.; "Um Modelo de Referência Orientado ao Conhecimento para o Processo de Planejamento de Sistemas de Distribuição de Média Tensão", Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC - Brazil, 2014;
- [2] PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO DO CONHECIMENTO. Área de concentração: Engenharia do Conhecimento. Disponível em: <<http://www.egc.ufsc.br/index.php/pt/egc/pos-graduacao/programa/areas-de-concentracao>>. Acesso em: 14 nov. 2012.
- [3] I. Nonaka and H. Takeuchi, "The knowledge creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation", New York: Oxford University Press, 1995, pp. 284, ISBN 978-0-19-509269-1.
- [4] STEIL, A. V. Estado da arte das definições de gestão do conhecimento e seus subsistemas. Florianópolis: Instituto Stela, 2007.
- [5] TERRA, J. C. C. Gestão do conhecimento: o grande desafio empresarial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- [6] ABECKER, A. et al. Toward a technology for organizational memories. 1998. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/abecker98toward.html>>. Acesso em: 6 ago. 2007.
- [7] ROJAS, R. M. R. Análise da efetividade dos sistemas de memória organizacional de uma instituição de ensino superior. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- [8] O'LEARY, D. E. Empirical analysis of the evolution of a taxonomy for best practices. Decision Support Systems, v. 43, n. 4, p. 1650-1663, 2007.
- [9] Mussoi, F. L. R.; Teive, R. C. G. "Distribution System Project Selection based on the Power Quality Value", IEEE.
- [10] Moreira, W. S. C.; Mussoi, F. L. R.; Teive, R. C. G. "Investment Prioritizing in Distribution Systems Based on Multi Objective Genetic Algorithm", IEEE.
- [11] Deb, K.; "Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms", Editora Wiley, 2001.