

Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

Após apresentados os capítulos conceituais anteriores será desenvolvido, aqui, o estudo de caso propriamente dito. Assim, as ferramentas descritas serão aplicadas para a definição de um índice de qualidade para as distribuidoras de energia elétrica. Como esse texto é uma continuação de outra dissertação de mestrado os critérios e dados são oriundos desse trabalho cujo fragmento foi fornecido por Villela (2009). A grande diferença, como mencionado anteriormente, está na aplicação da metodologia híbrida que utiliza o AHP em conjunto com o amortecimento exponencial dos dados passados.

As etapas para a construção de um modelo decisório, conforme sugeridas no capítulo 1 não serão perfeitamente seguidas. Isso porque algumas delas já foram executadas. Assim, as seções seguintes serão construídas passo a passo, com a finalidade de obter ao final uma nota de 0 (zero) a 10 (dez) para o serviço prestado pela distribuidora de energia de referência.

6.1. Formulação dos critérios e definição de pesos relativos

Em Villela (opus cit.) foi construída uma estrutura hierárquica de critérios com diversos subcritérios, conforme mostrado na figura 6.1. Após análise dessa estrutura é possível perceber a existência de muitas interdependências entre os diversos subcritérios. Com a finalidade de criar um conjunto de critérios que atenda aos 5 (cinco) fatores sugeridos por Keeney e Raiffa (opus cit.), descritos no capítulo 2, foi utilizado o método da minimização heurística da interdependência de critérios (MMHI) para auxiliar na simplificação do modelo. Assim, será possível criar um conjunto de critérios simples o suficiente, para que se leve em consideração os diversos aspectos necessários para a avaliação da distribuidora, sem que haja critérios com muita interdependência.

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

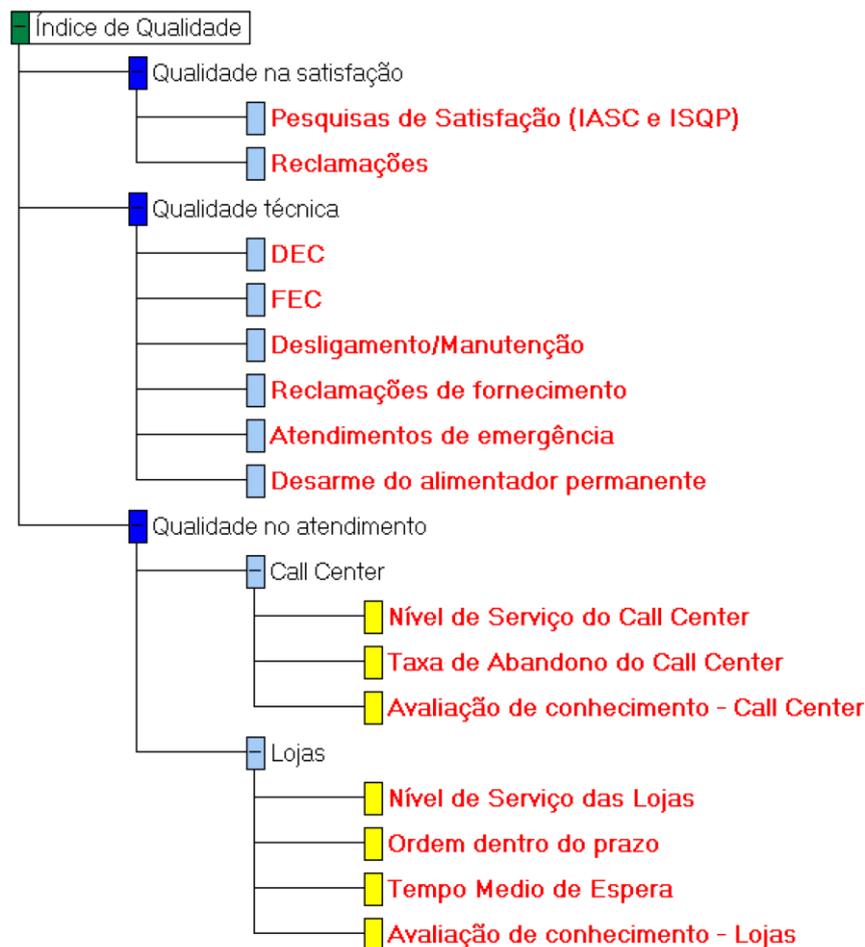


Figura 6.1: Estrutura hierárquica proposta em Villela (2009)

Para utilizar o MMHI foi analisada a interdependência dos subcritérios dentro dos três grupos de critérios: qualidade na satisfação, qualidade técnica e qualidade no atendimento. Conforme já explicado, as avaliações paritárias do MMHI podem ser: muito interdependente (MINT), interdependente (INT) e independente (IND). As tabelas 6.1, 6.2 e 6.3 mostram as análises iniciais feitas para esses conjuntos de subcritérios.

	Pesquisa de Satisfação	Reclamações
Pesquisa de Satisfação		MINT
Reclamações		

Tabela 6.1: Avaliação do critério qualidade na satisfação

	DEC	FEC	Desligamento Mnt	Desarme do alimentador	Atendimentos de Emergência	Reclamações de Fornecimento
DEC		IND	IND	MINT	MINT	MINT
FEC			IND	MINT	MINT	MINT
Desligamento Mnt				IND	IND	IND
Desarme do alimentador					MINT	MINT
Atendimentos de Emergência						MINT
Reclamações de Fornecimento						

Tabela 6.2: Avaliação do Critério Qualidade Técnica

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

	Nível de Serviço (call center)	Taxa de Abandono (call center)	Avaliação do Conhecimento (call center)	Nível de Serviço (lojas)	Ordem Dentro do Prazo (lojas)	Tempo Médio de Espera (lojas)	Avaliação de Conhecimento (lojas)
Nível de Serviço (call center)		MINT	INT	INT	INT	INT	IND
Taxa de Abandono (call center)			IND	INT	IND	IND	IND
Avaliação do Conhecimento (call center)				INT	IND	IND	IND
Nível de Serviço (lojas)					MINT	MINT	INT
Ordem Dentro do Prazo (lojas)						MINT	MINT
Tempo Médio de Espera (lojas)							INT
Avaliação de Conhecimento (lojas)							

Tabela 6.3: Avaliação do Critério Qualidade no Atendimento

Após a avaliação das interdependências foram retirados os diversos subcritérios com o objetivo de eliminar prioritariamente as interdependências fortes. Após essa retirada foi feita uma nova análise consolidando todos os três conjuntos. O resultado dessa análise está mostrado na tabela 6.4.

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

	Pesquisa de Satisfação	DEC	FEC	Nível de Serviço (call center)	Nível de Serviço (lojas)
Pesquisa de Satisfação		INT	INT	IND/INT	INT/IND
DEC			IND	INT	IND
FEC				INT	IND
Nível de Serviço (call center)					INT
Nível de Serviço (lojas)					

Tabela 6.4: Análise consolidada dos critérios

Assim, a estrutura hierárquica proposta na figura 6.1 foi simplificada para outra que conterà somente 5 (cinco) critérios. É sabido que a eliminação completa das interdependências é muito difícil. Entretanto, na situação mostrada na tabela 6.4 percebe-se que as interdependências mencionadas são muito leves. Acredita-se, portanto, que os critérios definidos para esse índice são adequados para a construção do índice de qualidade proposto. A figura 6.2 ilustra a estrutura hierárquica para esse problema.

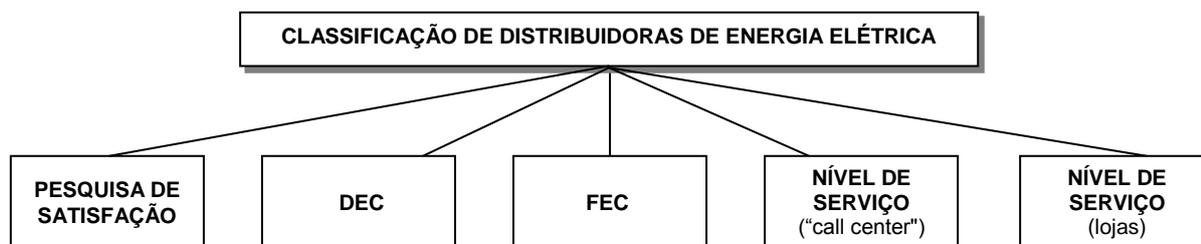


Figura 6.2: Estrutura hierárquica para a classificação de distribuidoras de energia

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

Outro ponto importante é a definição do peso relativo entre esses critérios. Tomando como referência a pesquisa enviada em Villela (2009), é possível definir os seguintes pesos relativos para cada um dos critérios estabelecidos.

CRITÉRIOS	PESO RELATIVO
Pesquisa de Satisfação	0,35
DEC	0,225
FEC	0,225
Nível de Serviço (call center)	0,1
Nível de Serviço (lojas)	0,1

Tabela 6.5: Pesos dos critérios

6.2. Avaliação da distribuidora com relação a cada um dos critérios

O índice de qualidade que será proposto irá avaliar a distribuidora atribuindo para ela uma nota entre 0 (zero) e 10 (dez). O primeiro passo para fazer isso é analisar os critérios individualmente de forma a entender o seu significado. Depois disso, construir escalas de valor que representem notas entre 0 (zero) e 10 (dez), construindo uma função de utilidade. Depois de definidas as escalas os valores dos dados passarão a representar um valor nessa escala e serão utilizados para o valor agregado do índice.

Os critérios definidos serão descritos individualmente:

- a. **Pesquisa de Satisfação:** para esse critério será utilizado como referência o índice IASC da ANEEL. Esse é um índice que é gerado desde 2000 e abrange todas as distribuidoras de energia elétrica do Brasil. Os dados para a construção do índice são obtidos através de

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

entrevistas com consumidores residenciais dos municípios onde a empresa presta serviço. A figura 6.3 ilustra a natureza das perguntas que são feitas nas entrevistas e como elas contribuem para a definição das diversas variáveis que compõem o índice IASC. Esses dados são consolidados para gerar um índice que é construído da seguinte maneira:

$$IASC = \frac{\sum p_i \cdot \bar{x}_i - \sum p_i \cdot \text{Min}(x_i)}{\sum p_i \cdot \text{Max}(x_i) - \sum p_i \cdot \text{Min}(x_i)} \times 100$$

Onde:

p_i = peso calculado pelo modelo estrutural da empresa para o indicador i ;

x_i = média do indicador i para a empresa em questão;

Max (.) = valor máximo da escala do indicador i ;

Min (.) = valor mínimo da escala do indicador i .

No final da pesquisa o resultado obtido com os cálculos acima forneceram um valor para o índice que irá variar entre 0 (zero) e 100 (cem). A frequência com que se obtêm esses valores IASC, entretanto, sugere uma adaptação para gerar a contribuição desse critério para o índice. O maior valor já observado para uma distribuidora até hoje foi 81,19 (DME, 2009). Esse é um índice considerado excelente para padrões internacionais. Por isso, na modelagem deste texto o critério *Pesquisa de Satisfação* será medido da seguinte maneira.

$$\text{Pesquisa de Satisfação} = \frac{IASC}{81,19} \times 10$$

Dessa maneira, para um valor hipotético de $IASC = 72,91$ a pontuação obtida na pesquisa de satisfação será 8,98.

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

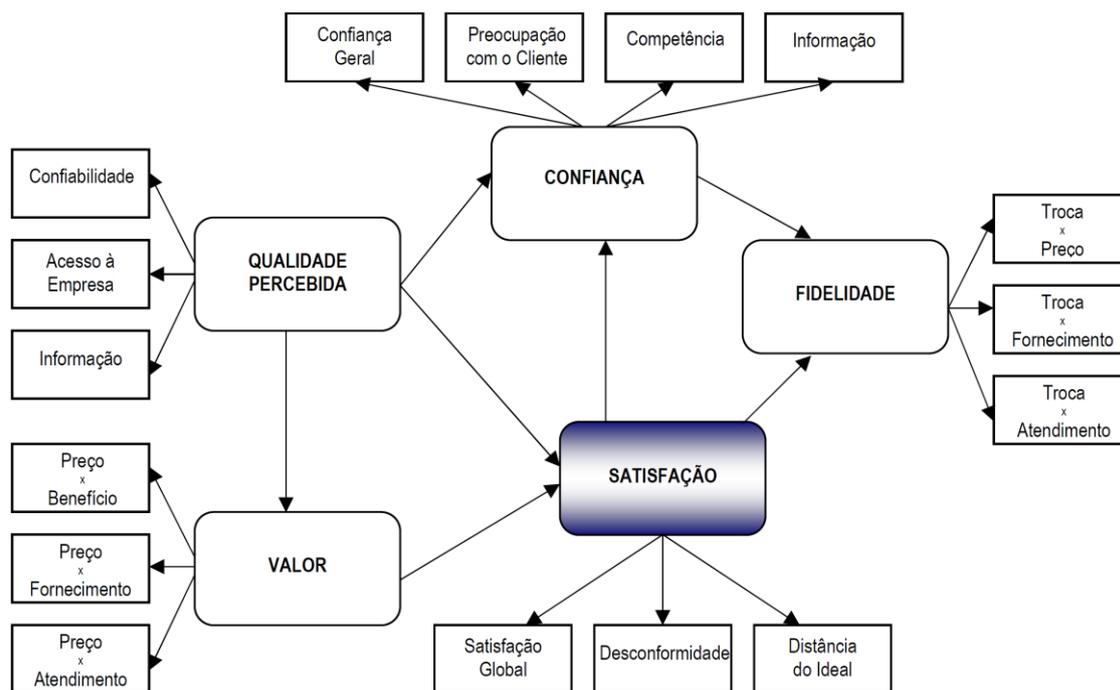


Figura 6.3: Variáveis para a construção do índice IASC (ANEEL, 2009b)

- b. **DEC**: indica a duração equivalente por consumidor, ou seja o tempo médio que cada consumidor na área de estudo ficou sem energia (Kagan et al, 2005). O cálculo do DEC é feito utilizando a seguinte equação:

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^N Ca(i) \times t(i)}{C_t}$$

Onde:

$Ca(i)$ = número de consumidores no universo considerado atingidos pela interrupção i ;

$t(i)$ = duração da interrupção de suprimento “ i ”, usualmente em minutos;

C_t = Número total de consumidores atingidos na interrupção “ i ”.

Para definir uma forma de medir adequadamente o *critério DEC* nessa avaliação será necessário estabelecer uma escala de maneira análoga ao que foi feita para o *critério Pesquisa de Satisfação*. Nesse caso, serão utilizados os valores históricos de DEC para a distribuidora

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

considerada. Tomando com referência os dados de DEC para uma distribuidora, a proposta é que o critério DEC seja calculado como uma normalização entre os maiores e menores valores históricos:

$$\text{Critério DEC} = \frac{\text{Max (DEC)} - x}{\text{Max (DEC)} - \text{Min (DEC)}} \times 10$$

Onde:

x = valor de DEC medido no momento considerado;

Min (DEC) = menor valor de DEC medido na série histórica;

Max (DEC) = maior valor de DEC medido na série histórica;

O cálculo foi feito dessa maneira, pois um valor de DEC pequeno é preferível a valores grandes. Assim, uma distribuidora que tenha nos seus históricos de DEC um valor máximo de 14,3; mínimo de 12,3 e valor real de DEC de 13,4 terá como valor de *Critério DEC* = 4,5

c. **FEC**: indica a frequência equivalente de interrupção por consumidor. Isso exprime o número médio de interrupções que cada consumidor sofreu em determinado período. O cálculo do FEC é ilustrado na equação a seguir. Vale observar que o valor obtido é adimensional.

$$\text{FEC} = \frac{\sum_{i=1}^N \text{Ca}(i)}{C_t}$$

Onde:

Ca(i) = número de consumidores no universo considerado atingidos pela interrupção i;

C_t = Número total de consumidores atingidos na interrupção “i”.

A medição do *critério FEC* foi feita de maneira análoga ao *critério DEC*. Nesse caso, serão utilizados os valores históricos de FEC para a distribuidora considerada. Usando os dados de FEC para uma

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

distribuidora, a proposta é que o critério FEC seja calculado como uma normalização entre os maiores e menores valores históricos:

$$\text{Critério FEC} = \frac{\text{Max (FEC)} - x}{\text{Max (FEC)} - \text{Min (FEC)}} \times 10$$

Onde:

x = valor de FEC medido no momento considerado;

Min (FEC) = menor valor de FEC medido na série histórica;

Max (FEC) = maior valor de FEC medido na série histórica;

d. **Nível de Serviço no “Call Center” e nas Lojas:** é um critério que representa a quantidade de ligações que de fato foram atendidas dentro de um universo genérico. Matematicamente pode ser expresso pela seguinte equação:

$$\text{NS} = \frac{\text{Total CA}}{\text{Total CA} + \text{Total CNA}} \times 100$$

Onde:

CA = chamadas atendidas para um determinado período.

CNA = chamadas não atendidas para um determinado período.

Para estabelecer uma nota entre 0 (zero) e 10 (dez) para uma determinada distribuidora dentro desse critério nível de serviço, é razoável supor uma condição semelhante ao que se obteve para o critério *pesquisa de satisfação*. Obter nível de serviço realmente próximo de 100% deve ser muito difícil. Assim, será adotado um valor máximo como referência de modo que o resultado final obtido sempre esteja entre 0 (zero) e 10 (dez).

$$\text{Nível de Serviço das lojas (ou "call center")} = \frac{\text{NS}}{\text{Máx (NS)}} \times 10$$

Onde:

NS = nível de serviço das lojas (ou do “call center”).

Max (NS) = nível de serviço máximo das lojas (ou do “call center”) em um determinado período.

6.3. Determinação da avaliação final da distribuidora

A avaliação final da distribuidora será feita utilizando a metodologia híbrida proposta. Se o AHP fosse utilizado da maneira convencional, o índice de qualidade final para a distribuidora seria calculado conforme citado no capítulo 4:

$$f(a) = \sum_{j=1}^n w_j v_j(a)$$

Onde:

$f(a)$ = índice para a distribuidora a .

w_j = peso do j -ésimo critério;

$v_j(a)$ = desempenho da distribuidora “ a ” com relação ao j -ésimo critério.

Caso fosse de interesse levar em conta a opinião de diversos tomadores de decisão simultaneamente (decisão em grupo) o valor o cálculo do valor final de cada alternativa, conforme citado, também, no capítulo 4, passa a ser:

$$f(a) = \sum_{j=1}^n \bar{w}_j \bar{v}_j(a)$$

Onde:

$f(a)$ = valor final da alternativa

$$\bar{w}_j = \sqrt[s]{\prod_{k=1}^s w_j(k)}$$

$w_j(k)$ = peso associado ao critério j definido pelo decisor k .

$$\bar{v}_j(a) = \sqrt[s]{\prod_{k=1}^s v_{jk}(a)}$$

$v_{jk}(a)$ = valor da alternativa “ a ” associado ao critério j , feito pelo decisor k .

s = número de decisores no problema.

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

Entretanto, é razoável pensar que um índice de qualidade para uma distribuidora de energia não deve levar em consideração somente um período específico e sim vários. Bem, é possível estabelecer um índice de qualidade mensal que reflita qual é a avaliação geral da empresa naquele período (em um determinado mês, por exemplo). Com a aplicação tradicional do AHP esse índice pode ser obtido. Mas, se o objetivo for algo mais robusto que indique um comportamento de mais longo prazo será necessário fazer uma avaliação que agregue os diversos períodos de alguma forma.

Outro exemplo de aplicação com essa característica são as avaliações dos ativos de renda fixa dos governos. A classificação “investment grade” só é atribuída para títulos que historicamente sejam confiáveis e atendam a determinadas características. Não basta o título ser bom hoje. Ele tem que ter sido bom durante um tempo anterior para ser considerado bom. Na verdade o que se deseja é que ele tenha sido bom de muitos períodos até os dias atuais.

A metodologia híbrida proposta para fazer essa avaliação estabelece um valor final para a distribuidora levando em consideração vários meses simultaneamente. O primeiro passo para obtê-lo é calcular o índice de qualidade mensal utilizando a função linear aditiva sugerida para o AHP, da seguinte maneira:

$$v(t) = \sum_{j=1}^n w_j v_j(t)$$

Onde:

$v(t)$ = nota da distribuidora no tempo t . Ou seja, é o índice de qualidade atribuído para a distribuidora no período t . Por exemplo em um determinado mês.

w_j = peso associado ao critério j .

$v_j(t)$ = valor da distribuidora para o critério j , no tempo t .

O valor final do índice de qualidade proposto utilizará o valor $v(t)$ da seguinte forma:

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

$$v_d = \sum_{t=0}^N \alpha(1-\alpha)^t v(t)$$

Onde:

v_d = valor final do índice de qualidade para a distribuidora.

α = constante que pode variar entre 0(zero) e 1(um).

N = número de meses anteriores considerados para o problema.

Ao efetuar os cálculos dessa forma estão sendo levados em consideração todos os N valores passados. Entretanto, os valores mais recentes recebem um peso maior decrescendo período a período. Quanto maior o valor de α mais serão valorizados os dados passados mais próximos do tempo presente. Como inicialmente o seu valor pode variar livremente, é necessário que haja um critério objetivo para defini-lo. Um exemplo de critério que pode ser usado:

Critério: A contribuição do quinto mês anterior ao momento presente não pode ser maior que 10%.

Esse critério implica em adotar um valor de α entre 0,5 e 0,6. É possível fazer a afirmação da frase anterior, pois o coeficiente multiplicativo do valor do quinto elemento é $\alpha(1-\alpha)^5$. A substituição de diversos valores de α estão mostrados na tabela 6.6.

α	$\alpha(1-\alpha)^5$
0,1	0,059049
0,2	0,065536
0,3	0,050421
0,4	0,031104
0,5	0,015625
0,6	0,006144
0,7	0,001701
0,8	0,000256
0,9	9E-06

Tabela 6.6: Simulação dos valores de $\alpha(1-\alpha)^5$

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

Vale observar que mesmo se o índice de qualidade do quinto mês fosse nota 10 (dez – nota máxima) ele contribuiria somente cerca de 6% se tivéssemos $\alpha = 0,6$. Nesse caso, para estabelecer padronização do índice alguma entidade reguladora, talvez a ANEEL, deverá atuar. Suponha $\alpha = 0,6$. Com isso é possível estabelecer um índice de qualidade para uma distribuidora com os dados mostrados na tabela 6.7 organizados dentro de cada um dos critérios pré-estabelecidos.

Critério	Pesos	2008					
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Pesquisa de Satisfação (IASC)	0,350	57,58	57,58	57,58	57,58	57,58	57,58
DEC	0,225	1,88	1,41	1,36	1,27	0,81	0,73
FEC	0,225	1,29	1,07	1,05	0,8	0,55	0,69
Nível de Serviço ("call center")	0,100	74,79	74,2	74,09	73,79	73,74	73,77
Nível de Serviço (lojas)	0,100	82,61	81,86	79,55	79,53	79,9	81,2

Tabela 6.7: Dados obtidos para uma distribuidora em 2008

Após trabalhar esses dados utilizando as equações propostas para cada um dos critérios obtém-se a tabela 6.8 com os dados já entre 0 (zero) e 10 (dez).

Critério	Pesos	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Pesquisa de Satisfação (IASC)	0,350	7,03	7,03	7,03	7,03	7,03	7,03
DEC	0,225	0,00	4,09	4,52	5,30	9,30	10,00
FEC	0,225	0,51	3,33	3,59	6,79	10,00	8,21
Nível de Serviço ("call center")	0,100	9,23	9,16	9,15	9,11	9,10	9,11
Nível de Serviço (lojas)	0,100	10,00	9,91	9,63	9,63	9,67	9,83
Índices de qualidade mensais		4,50	6,04	6,16	7,06	8,68	8,45

Tabela 6.8: Dados entre 0 (zero) e 10 (dez) e índices mensais.

As contribuições mensais para a composição final do índice estão ilustradas na tabela 6.9, assim como o valor final do índice de qualidade.

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

mês	$v(t)$	$\alpha(1-\alpha)^t v(t)$
JAN	4,50	0,028
FEV	6,04	0,093
MAR	6,16	0,237
ABR	7,06	0,677
MAI	8,68	2,084
JUN	8,45	5,070
Vd		8,188716

Tabela 6.9: Índices de qualidade mensais $v(t)$, contribuições para Vd

Dessa maneira, o valor final do índice é $Vd = 8,19$. No exemplo em questão, é possível perceber que os cinco últimos meses são os mais representativos para o cálculo do índice.

6.4. Análise de sensibilidade

Essa fase é muito importante para a construção do modelo, pois aqui ele é aprimorado para atender às necessidades do tomador de decisão. Além disso, é possível nessa etapa testar outros valores de parâmetros para ratificar ou corrigir as respostas obtidas.

Em um problema multicritério convencional a análise de sensibilidade pode ser realizada sobre os pesos obtidos para os critérios e sobre os valores das alternativas dentro dos critérios, apesar do primeiro ser o mais comum. No problema abordado aqui os pesos dos critérios foram extraídos de Villela (2009), que por sua vez são oriundos de entrevistas com pessoas interessadas e conhecedoras do problema. O principal aspecto a ser levado em consideração para aprimoramento do modelo são as equações de utilidade que são usadas para atribuir notas para as diversas distribuidoras. Por último, será possível também atribuir diferentes valores de α que definam diferentes contribuições dos julgamentos passados.

A seguir serão efetuadas alterações em algumas das funções de utilidade que atribuem notas para a distribuidora dentro dos determinados critérios. Em seguida serão analisados os seus impactos no resultado geral do modelo.

6.4.1. Alterações na equação de DEC e FEC

Um aspecto importante a considerar para a elaboração da função de utilidade de DEC e FEC é que deve existir uma meta mensal estabelecida para os seus valores. Por isso, ela deve ser levada em consideração para o estabelecimento da nota. Uma equação possível para estabelecer a nota para o DEC e o FEC é aquela representada pelo seguinte gráfico:

$$v(\text{DEC}) = \begin{cases} 10, & 0 \leq \text{DEC} \leq \frac{1}{2}\text{META} \\ \frac{12(\text{Meta}) - 4(\text{DEC})}{\text{Meta}}, & \frac{1}{2}\text{META} \leq \text{DEC} \leq 3\text{META} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

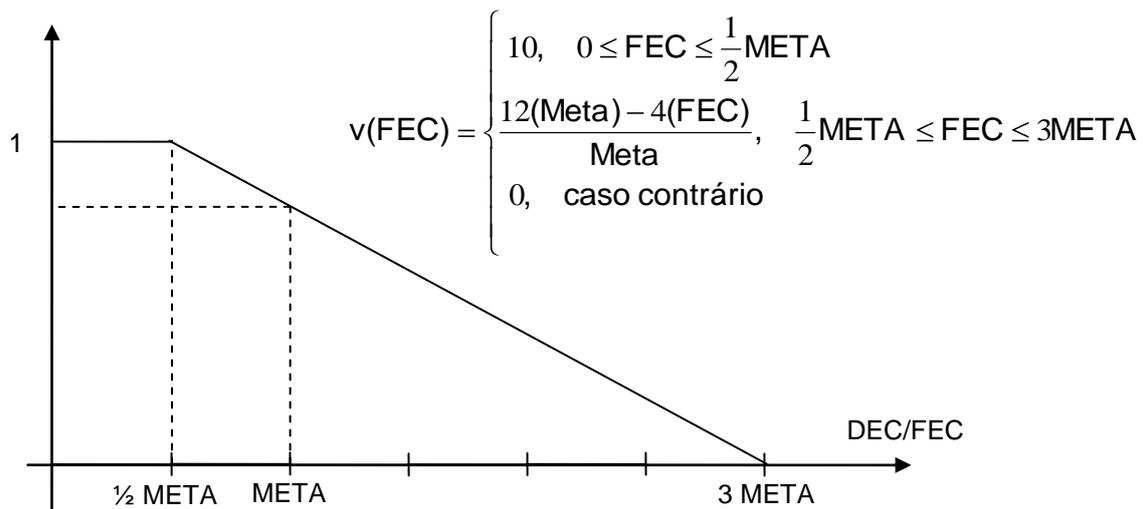


Figura 6.4: Gráfico representativo da equação de utilidade para DEC e FEC

No gráfico está representada uma equação. Nela x representa o valor de DEC ou FEC obtido para um determinado mês. O valor y representa a nota de 0 (zero) a 10 (dez) que será dada para o valor de DEC e FEC. É importante observar que, segundo o critério estabelecido quaisquer valores de DEC ou FEC menores que metade da meta terão sempre valor 1 (um) e valores superiores a 3 (três) vezes a meta terão sempre valor igual a 0 (zero). A tabela 6.10 mostra os valores utilizados para os critérios do problema e as metas mensais de DEC e FEC.

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

Critério	Pesos	2008					
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Pesquisa de Satisfação (IASC)	0,350	57,58	57,58	57,58	57,58	57,58	57,58
DEC	0,225	1,88	1,41	1,36	1,27	0,81	0,73
META - DEC		1	1,2	1,25	1,1	1	1,2
FEC	0,225	1,29	1,07	1,05	0,8	0,55	0,69
META - FEC		1	1,2	1,25	1,1	1	1,2
Nível de Serviço ("call center")	0,100	74,79	74,2	74,09	73,79	73,74	73,77
Nível de Serviço (lojas)	0,100	82,61	81,86	79,55	79,53	79,9	81,2

Tabela 6.10: Dados para o cálculo do valor do índice de qualidade

Após efetuar os cálculos das funções de utilidade é gerada a tabela 6.11 que possui as notas estabelecidas entre 0 (zero) e 10 (dez).

Critério	Pesos	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Pesquisa de Satisfação (IASC)	0,350	7,03	7,03	7,03	7,03	7,03	7,03
DEC	0,225	4,48	7,30	7,65	7,38	8,76	9,57
FEC	0,225	6,84	8,43	8,64	9,09	9,80	9,70
Nível de Serviço ("call center")	0,100	9,23	9,16	9,15	9,11	9,10	9,11
Nível de Serviço (lojas)	0,100	10,00	9,91	9,63	9,63	9,67	9,83

Tabela 6.11: Notas entre 0 (zero) e 10 (dez) para os critérios considerados

A tabela 6.12 mostra os cálculos seguintes para a obtenção do valor final.

mês	v(t)	$\alpha(1-\alpha)^t v(t)$
JAN	6,93	0,043
FEV	7,91	0,121
MAR	8,00	0,307
ABR	8,04	0,772
MAI	8,51	2,043
JUN	8,69	5,214
Vd		8,501

Tabela 6.12: Índices de qualidade mensais v(t), contribuições para o valor Vd

É importante perceber o quanto a análise de sensibilidade é uma atividade importante para a construção dos modelos de apoio à decisão em geral. Na construção desse índice não será diferente. O procedimento para o cálculo de DEC e FEC mudou completamente. Como eles juntos

6. Classificação das Distribuidoras de Energia Elétrica

compõem 45% do índice, alterações em seus valores serão bastante significativas.