

UTILIZAÇÃO DA LÓGICA FUZZY NA ANÁLISE DO ENDIVIDAMENTO

Sergio Cavagoli Guth (ICSEC/UA/UCS) - sergio.guth@terra.com.br

Marcos Moreira Pinto (ICSEC) - profemarcos@terra.com.br

Antonio Jorge Fernandes (U. de Aveiro) - afer@ua.pt

Maria Elisabeth Pereira e Rocha (UA) - melisa@egi.ua.pt

Resumo:

As demonstrações contábeis divulgadas pelas empresas têm sido objeto de estudos ao longo do tempo. Diversos livros foram escritos sobre análise das demonstrações contábeis. E, para alguns autores, mais do que uma técnica, a análise dessas demonstrações é uma arte. O presente estudo consiste em propor um modelo de sistema especialista que utiliza a teoria da lógica fuzzy para a análise do endividamento de empresas. O modelo é apresentado por um estudo teórico-empírico, utilizando-se dados contábeis das empresas do setor de energia elétrica brasileiro. Para atingir estes objetivos utilizou-se pesquisa do tipo explicativa. Quanto aos procedimentos esta pesquisa caracteriza-se como documental, com abordagem quantitativa, por utilizar tratamento estatístico no processo de análise do problema. Após coletados os dados, os mesmos foram analisados e classificados em sete categorias de avaliação e a cada índice de endividamento foi atribuída uma variável qualitativa conforme sua posição em relação ao decil. Utilizando-se o software Matlab® 6.0 definiram-se as funções de pertinência e implementaram-se 2.401 regras de inferência para a implementação do sistema. Os resultados obtidos pela pesquisa possibilitaram avaliar de forma quantitativa cada empresa, por meio dos graus de pertinência emitidos pelo sistema especialista difuso. Portanto, conclui-se que os conjuntos difusos podem ser utilizados como instrumento para análise do endividamento de empresas.

Palavras-chave: *Lógica Fuzzy. Sistemas Especialistas. Análise do Endividamento.*

Área temática: *Aplicação de Modelos Quantitativos na Gestão de Custos*

UTILIZAÇÃO DA LÓGICA *FUZZY* NA ANÁLISE DO ENDIVIDAMENTO

Resumo

As demonstrações contábeis divulgadas pelas empresas têm sido objeto de estudos ao longo do tempo. Diversos livros foram escritos sobre análise das demonstrações contábeis. E, para alguns autores, mais do que uma técnica, a análise dessas demonstrações é uma arte. O presente estudo consiste em propor um modelo de sistema especialista que utiliza a teoria da lógica *fuzzy* para a análise do endividamento de empresas. O modelo é apresentado por um estudo teórico-empírico, utilizando-se dados contábeis das empresas do setor de energia elétrica brasileiro. Para atingir estes objetivos utilizou-se pesquisa do tipo explicativa. Quanto aos procedimentos esta pesquisa caracteriza-se como documental, com abordagem quantitativa, por utilizar tratamento estatístico no processo de análise do problema. Após coletados os dados, os mesmos foram analisados e classificados em sete categorias de avaliação e a cada índice de endividamento foi atribuída uma variável qualitativa conforme sua posição em relação ao decil. Utilizando-se o *software* Matlab® 6.0 definiram-se as funções de pertinência e implementaram-se 2.401 regras de inferência para a implementação do sistema. Os resultados obtidos pela pesquisa possibilitaram avaliar de forma quantitativa cada empresa, por meio dos graus de pertinência emitidos pelo sistema especialista difuso. Portanto, conclui-se que os conjuntos difusos podem ser utilizados como instrumento para análise do endividamento de empresas.

Palavras-chave: *Lógica Fuzzy*. Sistemas Especialistas. Análise do Endividamento.

Área Temática: Aplicação de Modelos Quantitativos na Gestão de Custos

1 Introdução

Nas Ciências Contábeis, de um modo geral, há um pendor natural, em se estabelecer medidas exatas, valendo-se da lógica convencional em sua versão booleana. Nela, uma afirmação ou é verdadeira ou é falsa. Nada existe entre o verdadeiro e o falso. Porém, em certos momentos, afirmações envolvendo somente ou o “verdadeiro” ou o “falso” não fazem sentido.

A afirmação “O endividamento da empresa X é alto”, é um exemplo. O endividamento ser alto é uma proposição difusa onde o termo predicado *alto* é vago e este, pode ser avaliado mediante o uso de mensurações difusas. Em termos práticos, o endividamento ser alto pode ser uma afirmação verdadeira, contudo avaliada em termos de graus de pertinência. Com isso podem existir duas empresas com endividamento alto, porém em graus distintos. Inclusive, pode-se chegar a afirmar que uma empresa possui, simultaneamente, um endividamento alto e baixo, cada qual com um grau de pertinência ao seu conjunto de classificação. E a mesma mensuração pode ser usada em outras afirmações: pequena, média e grande; pouco, satisfatório e muito.

Na lógica convencional, há limites pontualmente definidos (limites abruptos) entre os elementos que pertencem e os que não pertencem a determinado conjunto. Esta análise não permite meio-termos, o que contraria inclusive às palavras de Boole (1958) que afirmava: “Estudando as leis dos símbolos estamos, com efeito, estudando as leis manifestadas pelo raciocínio” (BOOLE, 1958, p. 10). Neste sentido, Hein (1998) apresenta que a teoria dos conjuntos difusos, ou lógica difusa, se distingue por trabalhar com raciocínios aproximados, a fim de se obter inferências, para permitir que a mesma se ajuste melhor à linguagem natural, recapturando o significado de termos vagos, ambíguos ou imprecisos, vistos na teoria clássica como predicados difusos.

A teoria dos conjuntos difusos teve seu início formal na década de sessenta, com a publicação do artigo “*fuzzy sets*” pelo professor Lotfi Asker Zadeh (1965), da Universidade da Califórnia, em Berkeley, nos Estados Unidos e cuja tese principal era a de que um elemento, não necessariamente, pertence ou não pertence a um conjunto, sem que haja um contínuo grau de pertinência, ou seja, em que a passagem da pertinência para a não pertinência fosse gradual e não abrupta (ZIMMERMANN, 1991).

Negoita (1985) explica que a lógica difusa proporciona facilidades para construir núcleos de decisão computacionais, que de maneira muito simples, obtêm-se conclusões concretas a partir de informações imprecisas, vagas ou incertas. Guardadas as devidas proporções, Negoita (1985) aponta para a construção de sistemas especialistas. Passos (1989) explica que um sistema especialista é um programa de computador destinado a solucionar problemas em um campo específico do conhecimento, e que usa um “raciocínio inferencial” para executar tarefas.

Para Fernandes (1996) um sistema especialista apresenta quatro componentes: base de conhecimentos, máquina (ou motor) de inferência, subsistema de explicações e interface com o usuário. Com efeito, o uso de um motor de inferência difuso é denominado de Sistema Especialista Difuso (SED).

Desta forma, a lógica difusa revela-se um instrumento útil para a análise de balanços, devido à grande ambigüidade e imprecisão inerente à área, pois, conforme Iudícibus (1998, p. 21) “a análise de balanços é uma arte, embora existam alguns cálculos razoavelmente formalizados, não existe forma científica ou metodologicamente comprovada de relacionar os índices de maneira a obter um diagnóstico preciso”. Em outras palavras, cada analista pode com o mesmo conjunto de informações chegar a conclusões completamente diferenciadas. Matarazzo (1998, p. 211), afirma que “é comum dois analistas de balanços chegarem a conclusões diferentes a respeito de balanços de uma mesma empresa”.

Assim, o trabalho tem por objetivo a proposição de um modelo especialista difuso - aplicado, analisado e avaliado - sobre o conjunto de indicadores que evidenciam aspectos do endividamento, extraídos das demonstrações contábeis apresentadas pelas empresas do setor de energia elétrica brasileiro. Como a pesquisa foi realizada há algum tempo, julgou-se conveniente omitir as datas à que se referem às demonstrações contábeis realizadas, pois, os resultados serão apresentados com a finalidade exclusiva de ilustrar os procedimentos adotados.

2 ANÁLISE DAS DEMONSTRAÇÕES CONTÁBEIS POR MEIO DE ÍNDICES

A análise das demonstrações contábeis por meio de índices envolve o cálculo de quocientes que relacionam os diversos valores expressos nas demonstrações contábeis. De acordo com Brigham e Houston (1999, p.79) “os índices financeiros são construídos para mostrar relações entre contas das demonstrações financeiras”.

Silva (2004, p. 214) explica que “os índices financeiros são relações entre contas ou grupos de contas das demonstrações financeiras, que têm por objetivo fornecer-nos informações que não são fáceis de serem visualizadas de forma direta nas demonstrações financeiras”.

Para Iudícibus (1998) a técnica de análise financeira por meio de índices é um dos mais importantes desenvolvimentos da contabilidade, pois, permite ao analista retratar o que aconteceu no passado e fornecer algumas bases para inferir o que poderá acontecer no futuro. Para a análise da situação financeira utilizam-se os indicadores de estrutura (endividamento) e de liquidez e para a análise da situação econômica utilizam-se os indicadores de rentabilidade (MATARAZZO, 1998).

Desta forma, os índices têm por finalidade evidenciar a relação entre contas ou grupo de contas das demonstrações contábeis, com o objetivo de determinar os aspectos da situação econômica e financeira para que se possa construir um quadro de avaliação da empresa.

2.1 Grupos de Índices Financeiros

Embora diferentes autores tenham alguns pontos em comum quanto aos principais grupos de índices, nota-se, pela revisão da literatura, que existem algumas diferenças em seus agrupamentos. Desta forma, Iudícibus (1998, p. 128) classifica os grupos de índices em: “liquidez, endividamento (estrutura de capital), atividade e rentabilidade”. Brigham e Houston (1999) classificam os índices financeiros em: liquidez, atividade, endividamento, rentabilidade e valor de mercado. Já, Matarazzo (1998, p. 158) classifica os índices financeiros em “estrutura de capital, liquidez, atividade e rentabilidade”.

Gitman (2005, p. 45) divide os índices financeiros em cinco categorias básicas: “liquidez, atividade, endividamento, rentabilidade e valor de mercado”. Marion (2005) classifica os grupos de índices financeiros em: liquidez, endividamento, atividade e rentabilidade. Para Assaf Neto (2003) os índices financeiros estão classificados em quatro grupos: liquidez, atividade, endividamento e estrutura, rentabilidade e análise de ações.

O Quadro 1 demonstra como os diferentes autores classificam os grupos de índices financeiros.

Grupos de Índices Financeiros	Assaf Neto	Brigham e Houston	Gitman	Iudícibus	Marion	Matarazzo
Atividade	•	•	•	•	•	•
Análise de Ações	•		•			
Endividamento/Estrutura de Capital	•	•	•	•	•	•
Liquidez	•	•	•	•	•	•
Rentabilidade	•	•	•	•	•	•
Valor de Mercado		•	•			

Fonte: elaborado pelos autores com base em Iudícibus (1998); Matarazzo (1998); Brigham e Houston (1999); Assaf Neto (2003); Gitman (2005) e Marion (2005).

Quadro 1-Grupos de índices financeiros

Os grupos de índices financeiros de atividade, endividamento, liquidez e rentabilidade são índices comuns a todos os autores mencionados. O grupo de índices financeiros de análise de ações é considerado somente por Assaf Neto (2003) e, o grupo de índices financeiros de valor de mercado é considerado por Brigham e Houston (1999) e Gitman (2005). A seguir, apresenta-se algumas considerações a respeito do grupo de índices financeiros de endividamento, objeto deste trabalho, na visão destes autores mencionados.

2.2 Índices de Endividamento

Sobre os índices de endividamento e estrutura de capital, Assaf Neto (2003, p. 110) explica que:

Estes indicadores são utilizados, basicamente, para aferir a composição (estrutura) das fontes passivas de recursos de uma empresa e sua participação relativa em relação ao capital próprio. Fornecem, ainda, elementos para avaliar o grau de comprometimento financeiro de uma empresa perante seus credores (principalmente instituições financeiras) e sua capacidade de cumprir os compromissos financeiros assumidos a longo prazo.

Para Iudícibus (1998, p. 103), “estes quocientes relacionam as fontes de fundos entre si, procurando retratar a posição relativa do capital próprio com relação ao capital de terceiros”. Em outras palavras, são índices que indicam a composição das fontes de recursos da empresa, distinguindo entre o capital próprio e de terceiros.

De acordo com Gitman (2005, p. 49), a situação de endividamento “indica o montante de recursos de terceiros que está sendo usado, na tentativa de gerar lucros”. É por meio destes indicadores que aprecia-se o nível de endividamento da empresa, ou seja, são estes os indicadores que informam se a empresa se utiliza mais de recursos de terceiros ou de recursos dos proprietários.

Marion (2005) alerta quanto à qualidade do endividamento da empresa. O autor explica que a análise da composição do endividamento também é bastante significativa. Complementa, que o endividamento em curto prazo é normalmente utilizado para financiar o ativo circulante e que o endividamento em longo prazo é normalmente utilizado para financiar o ativo permanente.

O Quadro 2 demonstra os principais índices de endividamento comuns aos autores, Iudícibus (1998), Matarazzo (1998), Brigham e Houston (1999), Assaf Neto (2003), Marion (2005) e Gitman (2005).

Índices Comuns/Autores	Assaf Neto	Brigham e Houston	Gitman	Iudícibus	Marion	Matarazzo
Relação Capital de Terceiros em Relação ao Capital Próprio	•			•		•
Relação Capital de Terceiros em Relação ao Passivo Total	•			•	•	
Imobilização Recursos Permanentes	•					•
Garantia do Capital Próprio ao Capital de Terceiros					•	
Composição do Endividamento				•	•	•
Cobertura de Juros		•	•			
Cobertura de Pagamentos Fixos		•	•			
Endividamento Geral		•	•			
Imobilização Recursos Não Correntes						•

Fonte: elaborado pelos autores.

Quadro 2 - Índices comuns de endividamento

Para selecionar os índices que fizeram parte do modelo proposto, o critério utilizado na seleção constituiu em identificar os índices que foram comuns a maioria dos autores pesquisados. Desta forma, para construção do modelo foram selecionados os índices Relação Capital de Terceiros em Relação ao Capital Próprio, citado por Assaf Neto (2003), Iudícibus (1998) e Matarazzo (1998); Relação Capital de Terceiros em Relação ao Passivo Total, citado por Assaf Neto (2003), Iudícibus (1998) e Marion (2005); Composição do Endividamento, citado por Iudícibus (1998), Matarazzo (1998) e Marion (2005); Endividamento Geral, citado por Gitman (2005) e Brigham e Houston (1999).

3 SISTEMAS ESPECIALISTAS E CONJUNTOS DIFUSOS

Conjuntos difusos, redes neurais, sistemas especialistas e os algoritmos genéticos pertencem a um novo grupo de métodos quantitativos chamado coletivamente por *inteligência artificial*, ou ainda, *sistemas inteligentes*.

3.1 Sistemas Especialistas

Conforme Passos (1989) na década de 70, pesquisadores de inteligência artificial entenderam que, para conseguir que seus sistemas resolvessem satisfatoriamente problemas reais, era necessário incorporar neles grandes quantidades de conhecimentos sobre o problema. Isto fez surgir à necessidade da criação do campo da “Engenharia do Conhecimento” que procura formas de usar conhecimentos de especialistas na solução de problemas complexos.

Esta tecnologia resultante desse campo de estudos, chamada de sistemas especialistas, hoje é aplicada em várias áreas, tais como, na medicina, nas estratégias militares, na configuração de computadores, na tomada de decisões financeiras, etc.

Na prática, uma das mais importantes características de um sistema especialista é a capacidade de explanação. Do mesmo modo que um especialista humano poderia explicar por que considerou, por exemplo, determinado conjunto de índices de uma empresa como satisfatório, que raciocínio usou para chegar a tal conclusão, um sistema especialista pode ser capaz, de forma concisa, de explicar também por que chegou a tal inferência (como deduziu a resposta), pelo fato de ser dirigido por dados.

O processo de construção de um sistema especialista, tipicamente, envolve uma forma especial de interação entre o construtor do sistema e um ou mais especialistas humanos de alguma área. O primeiro, extrai dos especialistas humanos seus procedimentos, estratégias e regras práticas para solução dos problemas construindo, deste conhecimento, um sistema especialista.

3.2 Conjuntos Difusos

O surgimento da lógica, segundo Malutta (2004), é atribuído a Aristóteles, filósofo grego (384 – 322 a.C.), que estabeleceu um conjunto de regras rígidas para que conclusões pudessem ser aceitas como logicamente válidas. Em outras palavras, por meio de sua teoria, Aristóteles preconizou que todo o raciocínio lógico é baseado em premissas e conclusões, classificando-as como verdadeiras ou falsas, e não aceitando que as mesmas pudessem ser ao mesmo tempo parcialmente verdadeiras ou parcialmente falsas.

A lógica difusa viola estas suposições. Esse é o ponto fundamental a ser explorado com o auxílio dos conjuntos difusos.

Hein (1998) explica que na década de sessenta, o professor Lotfi Asker Zadeh, da Universidade da Califórnia, em Berkeley, nos Estados Unidos, considerou que a rigidez da teoria usual de conjuntos era incompatível com a implementação satisfatória de sistemas especialistas, pois estes, sendo *softwares* interativos, capazes de tomar algumas decisões, sob o escopo dos conjuntos usuais com tomadas de decisões binárias, não contemplavam todo o espectro de escolhas desenvolvidas pela mente humana.

Dada a necessidade de ferramentas mais flexíveis, Zadeh (1965) sugeriu uma teoria alternativa de conjuntos, em que a passagem da pertinência para a não pertinência fosse gradual e não abrupta. Desta maneira, surgiram os conjuntos difusos, em que para cada elemento do universo de discurso corresponde um grau de pertinência, dado por um número real entre zero e um; com isso, esses conjuntos podem ser vistos como funções, e como tal, podem ser representados por conjuntos de pares ordenados, onde o primeiro elemento do par pertence ao universo de discurso V , e o segundo elemento corresponde ao grau de pertinência do primeiro elemento em A . Assim, fenômenos quantitativos, advindos de uma linguagem natural ou artificial qualquer, podiam ser interpretados e manuseados com um aparato matemático que lhes conferia confiabilidade (HEIN, 1998).

Campos Filho (2004) explica que a lógica difusa tem por objetivo fornecer um ferramental matemático que contemple os aspectos imprecisos no raciocínio lógico dos seres

humanos em situações ambíguas e que não são passíveis de processamento pela lógica clássica.

Com o desenvolvimento dessa teoria, os estudos desenvolvidos permitiram vislumbrar a possibilidade de interpretação de fenômenos não quantitativos e vagos, sendo, porém, necessário buscar mecanismos para inferência a partir desses dados. Como os sistemas lógicos são intimamente relacionados com conjuntos, o passo seguinte foi na direção à construção de uma lógica capaz de adequar os conjuntos difusos ao raciocínio do senso comum.

De acordo com Shaw (apud CAMPOS FILHO, 2004, p. 68) “a lógica difusa trabalha as informações que se encontram imprecisas, traduzindo expressões verbais, vagas, imprecisas e qualitativas de categoria subjetiva, comuns na comunicação humana, em valores numéricos”.

Portanto, na lógica difusa o grau de pertinência pode então assumir qualquer valor entre 0 e 1, sendo que o valor 0 indica a completa exclusão e o valor 1 representa a completa pertinência.

4 METODOLOGIA

Para que se cumprissem os objetivos do presente trabalho utilizou-se pesquisa do tipo explicativa. O modelo é apresentado por um estudo teórico-empírico, utilizando-se dados contábeis das empresas do setor de energia elétrica brasileiro. A escolha do setor de energia elétrica como alvo deste estudo deu-se de forma intencional. Quanto aos procedimentos esta pesquisa caracteriza-se como documental, com abordagem quantitativa, por utilizar tratamento estatístico no processo de análise do problema.

4.1 Construção do Modelo Especialista Difuso

A construção do modelo especialista difuso compreende três fases: a) construção das variáveis difusas de entrada, chamadas de *fuzzificação*; b) construção das regras de inferência pertinentes ao modelo; e, c) construção das variáveis de saída, chamada de *defuzzificação*.

Com efeito, os dados primários, coletados junto a *homepage* da Bolsa de Valores de São Paulo (www.bovespa.com.br), - balanços patrimoniais - foram transportados para o *Software* Microsoft® Excel para que fosse extraído da base de dados os índices de endividamento. Posteriormente, de acordo com a escala de Matarazzo (1998), a cada índice foi atribuída uma variável qualitativa conforme sua posição em relação ao decil.

O Quadro 3 resume os conceitos qualitativos e quantitativos atribuídos aos índices de endividamento em função de sua posição, relativamente aos padrões.

Decil	Índice 1	Índice 2	Índice 3	Índice 4
1º.	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo
2º.	Bom	Bom	Bom	Bom
3º.	Bom	Bom	Bom	Bom
4º.	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
5º.	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
6º.	Razoável	Razoável	Razoável	Razoável
7º.	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
8º.	Deficiente	Deficiente	Deficiente	Deficiente
9º.	Péssimo	Péssimo	Péssimo	Péssimo

Fonte: Adaptado de Matarazzo (1998).

Quadro 3 - Conceitos atribuídos aos índices de endividamento

O Quadro 3, explica que os índices de endividamento quanto menor classificado for em relação ao decil, melhor será sua análise.

Com a utilização do *software* Matlab® 6.0, foram definidas as funções de pertinência difusas, conforme os resultados obtidos na análise dos dados. O primeiro passo no processo

de *fuzzificação* é de colocar nomes no universo de discurso de cada entrada. Cada variável de entrada “Índice₁”, “Índice₂”, “...” e “Índice_n” possui sete termos qualitativos, conforme escala de Matarazzo (1998) que são: Péssimo, Deficiente, Fraco, Razoável, Satisfatório, Bom e Ótimo.

Cada conjunto da escala recebeu uma faixa de valores correspondendo ao nome que lhe foi dado. Este valor é chamado de *grau de pertinência*. Desta forma, para os indicadores de endividamento, a condição “Ótimo” recebeu um domínio abaixo do 2º decil, “Bom” recebeu um domínio do 1º ao 5º decil, “Satisfatório” recebeu um domínio do 2º ao 6º decil, “Razoável” recebeu um domínio do 4º ao 7º decil, “Fraco” recebeu um domínio do 6º ao 8º decil, “Deficiente” recebeu um domínio de 7º ao 9º decil, “Péssimo” recebeu um domínio acima do 8º decil.

Para se utilizar sistemas que envolvem os conjuntos difusos, são necessárias regras (R) do tipo SE-ENTÃO. Neste trabalho, foram implementadas todas as combinações possíveis de regras de inferência. Para os índices de endividamento, essa combinação implicou no desenvolvimento de 2.401 regras de inferência (7⁴). Descreve-se, abaixo, como o conjunto de regras (R) do tipo SE-ENTÃO para os índices de endividamento foram compostas:

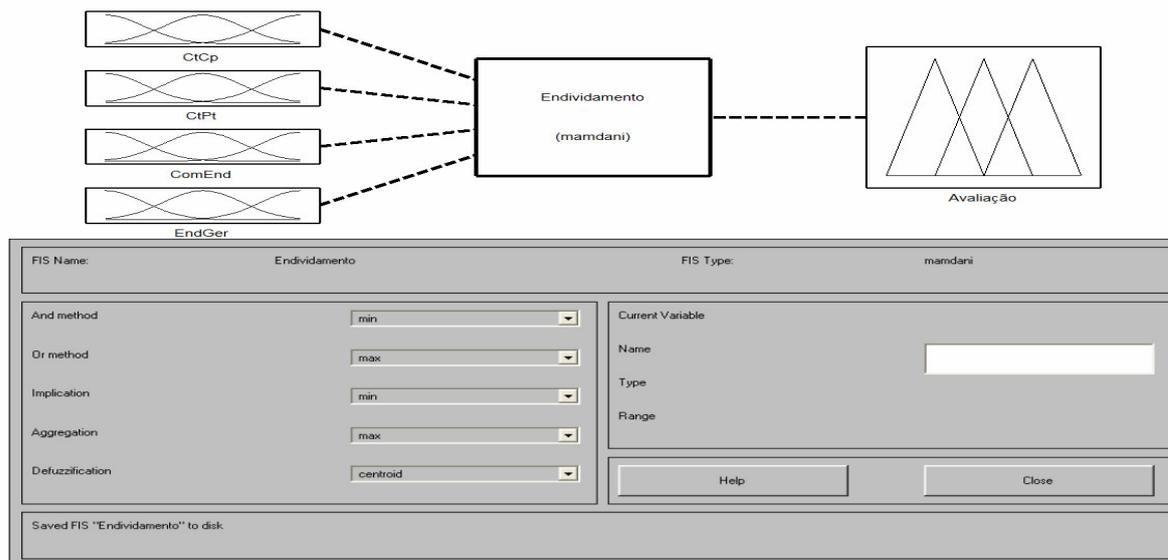
R₁: se x₁ é L₁, e x₂ é L₁, e ...e x_n é L₁ então avaliação é Ótimo.

R_n: se x_n é L₇, e x_n é L₇, e ...e x_n é L₇ então avaliação é Péssimo.

Em que, para os índices de liquidez: x₁ = índice1, x₂ = índice2, ..., x_n = índicen. L₁ = ótimo, L₂ = bom, L₃ = satisfatório, L₄ = razoável, L₅ = fraco, L₆ = deficiente e L₇ = péssimo.

5 MODELO DE ANÁLISE DO ENDIVIDAMENTO DE EMPRESAS UTILIZANDO A TEORIA DOS CONJUNTOS DIFUSOS

Conforme a Figura 1 a árvore de decisões do modelo proposto é composta por quatro entradas (Relação Capital de Terceiros em Relação ao Capital Próprio, Relação Capital de Terceiros em Relação ao Passivo Total, Composição do Endividamento e Endividamento Geral), uma base de regras e uma saída (Avaliação). Neste sentido, o primeiro passo do carregamento do sistema, consiste em determinar a árvore de decisões que o sistema especialista utilizará, ou seja, as variáveis lingüísticas de entrada, as variáveis de saída, a escala de valores atribuída a cada variável e as regras de inferência que serão utilizados.



Fonte: elaborada com base no *software* Matlab® 6.0.

Figura 1 - Árvore de decisões dos índices de endividamento

Por motivo de utilização do *software* Matlab® 6.0 as variáveis Relação Capital de Terceiros em Relação ao Capital Próprio, Relação Capital de Terceiros em Relação ao Passivo Total, Composição do Endividamento e Endividamento Geral foram definidas no software utilizado como CtCp, CtPt, ComEnd e EndGer respectivamente.

5.1 Simulação do Modelo Difuso

A partir do Balanço Patrimonial do exercício de 2004 das 50 empresas do setor de energia elétrica brasileiro, que são objetos deste estudo, extraíram-se os decis dos índices de endividamento. A Tabela 1 evidencia os índices em seus respectivos decis.

Tabela 1 – Distribuição dos índices de endividamento no decil

Decil	Cap. Terc. Em Relação Próprio	Cap. Terc. em Relação ao Passivo Total	Composição do Endividamento	Endividamento Geral
1º.	24,74	19,53	14,79	19,53
2º.	47,36	32,13	21,29	32,13
3º.	86,87	46,47	25,90	46,47
4º.	131,19	56,74	29,97	56,74
5º.	175,49	63,69	32,97	63,69
6º.	230,66	69,75	36,67	69,75
7º.	263,21	72,41	39,05	72,41
8º.	405,26	82,79	46,22	82,79
9º.	868,68	93,67	49,10	93,67

Fonte: elaborada com base nos dados da pesquisa.

Conforme a Tabela 1, a Relação entre Capital de Terceiros e Capital Próprio obteve intervalo do 1º ao 9º decil entre 24,74 e 868,68; a Relação entre Capital de Terceiros e Passivo Total obteve intervalo entre 19,53 e 93,67; a Composição do Endividamento obteve intervalo entre 14,79 a 49,10 e o Endividamento Geral obteve intervalo entre 19,53 e 93,67.

Definidos os intervalos de cada índice nos seus respectivos decis, cada variável de entrada, além da variável de saída, recebeu de acordo com a escala de Matarazzo (1998) sete termos qualitativos: Ótimo, Bom, Satisfatório, Razoável, Fraco, Deficiente e Péssimo. Esses termos qualitativos estão alocados de acordo com um decil correspondente.

A Tabela 2 apresenta o domínio de cada rótulo da variável de entrada da Relação entre Capital de Terceiros e Capital Próprio.

Tabela 2 - Variáveis de entrada da relação entre capital de terceiros e capital próprio

Valor	Rótulo
de 0 a 86,87	Ótimo
de 24,74 a 175,49	Bom
de 47,36 a 230,66	Satisfatório
de 131,19 a 263,21	Razoável
de 230,66 a 405,26	Fraco
de 263,21 a 868,68	Deficiente
de 405,26 a 20.100,00	Péssimo

Fonte: elaborada pelos autores.

O rótulo **Ótimo** possui grau de pertinência igual a 1 (um) para qualquer valor menor que 24,74, e deste a 86,87 pertinência decrescente até zero. **Bom** possui pertinência crescente de 24,74 a 86,87 e decrescente de 86,87 a 175,49. **Satisfatório** possui pertinência crescente de 86,87 a 175,49 e decrescente de 175,49 a 230,66. **Razoável** possui pertinência crescente de 131,19 a 230,66 e decrescente de 230,66 a 263,21. **Fraco** possui pertinência crescente de 230,66 a 263,21 e decrescente de 263,21 a 405,26. **Deficiente** possui pertinência crescente de

263,21 a 405,26 e decrescente de 405,26 a 868,68. **Péssimo** possui pertinência crescente de 405,26 a 868,68 e pertinência igual a 1 (um) acima deste valor.

A Tabela 3 apresenta o domínio de cada rótulo da variável de entrada da Relação entre Capital de Terceiros e Passivo Total.

Tabelas 3 - Variáveis de entrada da relação entre capital de terceiros e passivo total

Valor	Rótulo
de 0 a 46,47	Ótimo
de 19,53 a 63,69	Bom
de 32,13 a 69,75	Satisfatório
de 56,74 a 72,41	Razoável
de 69,75 a 82,79	Fraco
de 72,41 a 93,67	Deficiente
de 82,79 a 300,00	Péssimo

Fonte: elaborada pelos autores.

O rótulo **Ótimo** possui grau de pertinência igual a 1 (um) para qualquer valor menor que 19,53, e deste a 46,47 pertinência decrescente até zero. **Bom** possui pertinência crescente de 19,53 a 46,47 e decrescente de 46,47 a 63,69. **Satisfatório** possui pertinência crescente de 46,47 a 63,69 e decrescente de 63,69 a 69,75. **Razoável** possui pertinência crescente de 56,74 a 69,75 e decrescente de 69,75 a 72,41. **Fraco** possui pertinência crescente de 69,75 a 72,41 e decrescente de 72,41 a 82,79. **Deficiente** possui pertinência crescente de 72,41 a 82,79 e decrescente de 82,79 a 93,67. **Péssimo** possui pertinência crescente de 82,79 a 93,67 e pertinência igual a 1 (um) acima deste valor.

A Tabela 4 apresenta o domínio de cada rótulo da variável de entrada Composição do Endividamento.

Tabelas 4 - Variáveis de entrada da composição do endividamento

Valor	Rótulo
de 0 a 25,90	Ótimo
de 14,79 a 32,97	Bom
de 21,29 a 36,67	Satisfatório
de 29,97 a 39,05	Razoável
de 36,67 a 46,22	Fraco
de 39,05 a 49,10	Deficiente
de 46,22 a 100,00	Péssimo

Fonte:elaborada pelos autores.

O rótulo **Ótimo** possui grau de pertinência igual a 1 (um) para qualquer valor menor que 14,79, e deste a 25,90 pertinência decrescente até zero. **Bom** possui pertinência crescente de 14,79 a 25,90 e decrescente de 25,90 a 32,97. **Satisfatório** possui pertinência crescente de 25,90 a 32,97 e decrescente de 32,97 a 36,67. **Razoável** possui pertinência crescente de 29,97 a 36,67 e decrescente de 36,67 a 39,05. **Fraco** possui pertinência crescente de 36,67 a 39,05 e decrescente de 39,05 a 46,22. **Deficiente** possui pertinência crescente de 39,05 a 46,22 e decrescente de 46,22 a 49,10. **Péssimo** possui pertinência crescente de 46,22 a 49,10 e pertinência igual a 1 (um) acima deste valor.

A Tabela 5 apresenta o domínio de cada rótulo da variável Endividamento Geral.

Tabela 5 - Variáveis de entrada do endividamento geral

Valor	Rótulo
de 0 a 46,47	Ótimo
de 19,53 a 63,69	Bom
de 32,13 a 69,75	Satisfatório
de 56,74 a 72,41	Razoável
de 69,75 a 82,79	Fraco

de	72,41	a	93,67	Deficiente
de	82,79	a	300,00	Péssimo

Fonte: elaborada pelos autores.

O rótulo **Ótimo** possui grau de pertinência igual a 1 (um) para qualquer valor menor que 19,53, e deste a 46,47 pertinência decrescente até zero. **Bom** possui pertinência crescente de 19,53 a 46,47 e decrescente de 46,47 a 63,69. **Satisfatório** possui pertinência crescente de 46,47 a 63,69 e decrescente de 63,69 a 69,75. **Razoável** possui pertinência crescente de 56,74 a 69,75 e decrescente de 69,75 a 72,41. **Fraco** possui pertinência crescente de 69,75 a 72,41 e decrescente de 72,41 a 82,79. **Deficiente** possui pertinência crescente de 72,41 a 82,79 e decrescente de 82,79 a 93,67. **Péssimo** possui pertinência crescente de 82,79 a 93,67 e pertinência igual a 1 (um) acima deste valor.

Após definidas as funções difusas de entrada de cada índice e elaboradas as regras de inferência, são definidas as variáveis de saída (avaliação).

A Tabela 6 apresenta o domínio de cada rótulo da variável de saída (Avaliação), apresentado pelo resultado da implementação da variável no *software* utilizado.

Tabelas 6 - Variáveis de saída dos índices de endividamento

Valor	Rótulo
de -15,30 a 16,67	Ótimo
de 0,00 a 33,33	Bom
de 16,67 a 50,00	Satisfatório
de 33,33 a 66,70	Razoável
de 50,00 a 83,33	Fraco
de 66,70 a 100,00	Deficiente
de 83,33 a 115,00	Péssimo

Fonte: elaborado pelo autor.

O rótulo **Ótimo** possui grau de pertinência igual a 1 (um) para qualquer valor menor que 0,00, e deste a 16,70 pertinência decrescente até zero. **Bom** possui pertinência crescente de 0,00 a 16,70 e decrescente de 16,70 a 33,33. **Satisfatório** possui pertinência crescente de 16,70 a 33,33 e decrescente de 33,33 a 50,00. **Razoável** possui pertinência crescente de 33,33 a 50,00 e decrescente de 50,00 a 66,70. **Fraco** possui pertinência crescente de 50,00 a 66,70 e decrescente de 66,70 a 83,33. **Deficiente** possui pertinência crescente de 66,70 a 83,33 e decrescente de 85,30 a 100,00. **Péssimo** possui pertinência crescente de 83,33 a 100,00 e pertinência igual a 1 (um) acima deste valor.

Desta forma, a Tabela 7 demonstra a análise individual de cada empresa e sua respectiva avaliação.

Tabela 7 - Teste da análise do endividamento utilizando os conjuntos difusos

Empresas	Entrada CtCp	Entrada CtPt	Entrada ComEnd	Entrada EndGer	Saída Avaliação	% Pertinência	% Pertinência
521 Participações	9,72	8,86	68,44	8,86	4,91	(Oti;70,55)	(Bom;29,45)
AES Elpa	395,69	133,81	2,20	133,81	88,6	(Def;68,44)	(Pés;31,56)
AES Sul	351,49	139,76	33,16	139,76	94,7	(Pés;68,15)	(Def;31,85)
AES Tiête	409,19	80,36	18,53	80,36	78,8	(Def;72,59)	(Fra;27,41)
Ampla – CERJ	247,01	71,18	32,49	71,18	64,8	(Fra;88,78)	(Raz;11,22)
Baesa	182,35	64,58	1,12	64,58	16,0	(Bom;95,98)	(Oti;4,02)
Caiua	878,99	89,55	14,38	89,55	86,8	(Def;79,18)	(Pés;20,82)
Ceal	202,73	66,96	38,12	66,96	49,2	(Raz;95,14)	(Sat;4,86)
CEB	353,89	77,96	36,36	77,96	84,5	(Def;92,98)	(Pés;7,02)
Celesc	238,52	70,45	33,75	70,45	55,6	(Raz;66,59)	(Fra;33,41)
Celg	2.427,26	96,04	46,64	96,04	95,2	(Pés;70,97)	(Def;29,03)

Chesf	71,28	41,61	20,57	41,61	5,05	(Oti;69,71)	(Bom;30,29)
Celpe	234,01	70,06	28,60	70,06	41,8	(Raz;50,70)	(Sat;49,30)
Celpe	147,84	59,65	34,10	59,65	26,4	(Sat;58,37)	(Bom;41,63)
Cemat	407,33	80,28	31,46	80,28	82,2	(Def;92,98)	(Fra;7,02)
Cemar	477,51	82,68	25,62	82,68	84,9	(Def;90,58)	(Pés;9,42)
Cemig	128,89	56,31	41,61	56,31	23,9	(Bom;56,57)	(Sat;43,43)
CESP	178,75	64,12	22,02	64,12	23,4	(Bom;59,57)	(Sat;40,43)
Cia. Eletricidade da Bahia	142,58	58,77	30,04	58,77	19,7	(Bom;81,76)	(Sat;18,24)
Coelce	108,18	51,96	35,32	51,96	14,0	(Bom;83,98)	(Oti;16,02)
CEEE	1.060,17	91,38	25,71	91,38	93,4	(Pés;60,35)	(Def;39,65)
Copel	31,36	23,87	48,26	23,87	10,1	(Bom;60,59)	(Oti;39,41)
Cia. Energ.RN	172,24	63,26	37,13	63,26	37,6	(Sat;74,38)	(Raz;25,62)
CPFL Energia	6,86	6,42	59,93	6,42	5,28	(Oti;68,83)	(Bom;31,67)
CPFL Geração de Energia	5,53	5,24	67,05	5,24	5,57	(Oti;66,59)	(Bom;33,41)
Cia. Piratininga Força e Luz	227,32	69,44	49,45	69,44	81,1	(Def;86,38)	(Fra;13,62)
Duke Energy	64,00	39,02	15,20	39,02	5,31	(Oti;68,15)	(Bom;31,85)
Bandeirante Energia S/A	247,87	71,25	45,81	71,25	80,8	(Def;84,58)	(Fra;15,42)
Elektro	858,38	89,56	43,04	89,56	94,5	(Pés;66,95)	(Def;33,05)
Elektrobrás	77,25	43,58	29,61	43,58	12,2	(Bom;73,18)	(Oti;26,82)
Eletronorte	28,43	22,14	26,10	22,14	4,7	(Oti;71,80)	(Bom;28,20)
Eletropaulo	484,81	82,90	29,07	82,90	86,8	(Def;79,18)	(Pés;20,82)
Eletrosul	46,08	31,54	32,71	31,54	5,41	(Oti;67,55)	(Bom;32,45)
Emae	27,78	21,74	23,33	21,74	5,02	(Oti;69,87)	(Bom;30,13)
Energipe	89,58	47,25	57,62	47,25	31,4	(Sat;88,36)	(Bom;11,64)
Enersul	159,57	61,47	48,76	61,47	57,7	(Raz;53,99)	(Fra;46,01)
Escelsa	485,86	82,93	24,33	82,93	84,4	(Def;93,58)	(Pés;6,42)
Cia. Força e Luz Cataguazes-Leopoldina	217,86	68,53	47,93	68,53	70,7	(Fra;75,82)	(Def;24,18)
Furnas	45,51	31,22	38,69	31,22	4,87	(Oti;70,78)	(Bom;29,22)
Ita Energética	125,65	55,68	16,64	55,68	4,75	(Oti;71,51)	(Bom;28,49)
Itaipu	20.095,58	99,50	4,90	99,50	94,4	(Pés;66,35)	(Def;33,65)
Light	2.378,21	95,96	40,58	95,96	95,1	(Pés;70,54)	(Def;29,46)
Manaus Energia	48,64	32,72	39,41	32,72	7,96	(Oti;52,25)	(Bom;47,75)
Neoenergia	9,17	8,40	20,15	8,40	4,89	(Oti;70,66)	(Bom;29,34)
CPFL	278,56	73,58	36,99	73,58	83,6	(Def;98,38)	(Pés;1,62)
RGE	105,15	51,25	38,60	51,25	21,9	(Bom;68,57)	(Sat;31,43)
Tractebel	84,16	45,70	48,15	45,70	31,5	(Sat;88,96)	(Bom;11,04)
Transmissão Paulista	21,71	17,32	32,78	17,32	5,43	(Oti;67,43)	(Bom;32,57)
Termopernambuco	246,00	71,09	29,91	71,09	54,0	(Raz;76,18)	(Fra;23,82)
VBC Energia	133,49	57,17	1,79	57,17	10,7	(Bom;64,19)	(Oti;35,81)

Fonte: elaborada pelos autores .

Os valores de pertinência foram obtidos pela *defuzzificação* da saída da avaliação, mediante o uso de funções de pertinência triangulares, em um domínio de 0 (zero) a 100 (cem), visando com este intervalo facilitar a compreensão, mas que poderia ter sido qualquer outro intervalo compacto que são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Grau de pertinência de avaliação dos índices de endividamento

Função de Pertinência	Crescente	Decrescente
Ótimo		$y = \frac{16,67 - x}{16,67}; 0 \leq x < 16,67$
Bom	$y = \frac{x}{16,67}; 0 \leq x < 16,67$	$y = \frac{33,33 - x}{16,67}; 16,67 \leq x < 33,33$

Satisfatório	$y = \frac{x - 16,67}{16,67}; 16,67 \leq x < 33,33$	$y = \frac{50 - x}{16,67}; 33,33 \leq x < 50$
Razoável	$y = \frac{x - 33,33}{16,67}; 33,33 \leq x < 50$	$y = \frac{66,67 - x}{16,67}; 50 \leq x < 66,67$
Fraco	$y = \frac{x - 50}{16,67}; 50 \leq x < 66,67$	$y = \frac{83,33 - x}{16,67}; 66,67 \leq x < 83,33$
Deficiente	$y = \frac{x - 66,67}{16,67}; 66,67 \leq x < 83,33$	$y = \frac{100 - x}{16,67}; 83,33 \leq x < 100$
Péssimo	$y = \frac{x - 83,33}{16,67}; 83,33 \leq x \leq 100$	

Fonte: elaborada pelos autores.

Os procedimentos de *defuzzificação* consistiram em substituir os valores da Avaliação de cada empresa. Por exemplo, a empresa 521 Participações possui saída de 4,91 pontos. Este valor está no domínio da função de pertinência Ótimo e também de Bom. Substituindo em cada uma delas infere-se que ela é classificada em 70,55% Ótimo em seu grau de endividamento e ainda como 29,45% Bom.

A vantagem desta descrição está no fato de se poder classificar duas empresas como sendo de um mesmo grupo de pertinência, com graus distintos e vieses secundários diferentes. A saber, as empresas AES Tietê (Def;72,59) e Caiua (Def;79,18) são ambas deficientes em seu grau de endividamento, contudo em graus distintos e mais, com vieses diferentes, ou seja, enquanto a empresa AES Tietê é Deficiente com viés de 27,41% para Fraco a empresa Caiua é Deficiente com viés de 20,82% para Péssimo. Isto permite uma melhor análise por parte dos interessados pela informação de endividamento.

Diante disso torna-se desnecessário fazer a classificação e quantificação das empresas em cada grupo de pertinência, pois há sempre uma segunda pertinência associada a ela. Seria possível ainda associar uma terceira (ou quarta) pertinência. Haveria de se mudar as regras de *defuzzificação*, mas que transformaria a informação de saída, tão complexa como são os dados de entrada.

6 ANÁLISE COMPARATIVA DO ENDIVIDAMENTO DE EMPRESAS PELO MODELO DIFUSO VERSUS MODELO TRADICIONAL

O objetivo desta seção é comparar o desempenho do modelo difuso em relação aos métodos tradicionais de análise de balanços, constituindo-se o processo das seguintes etapas:

- os índices de endividamento Relação entre Capital de Terceiros e Capital Próprio (CtCp), Relação entre Capital de Terceiros e Passivo Total (CtPt), Composição do Endividamento (ComEnd) e Endividamento Geral (EndGer), de cada empresa que estão classificados quantitativamente na Tabela 7, foram substituídos pelas variáveis qualitativas “ótimo”, “bom”, “satisfatório”, “razoável”, “fraco”, “deficiente” e “péssimo” como forma de melhor visualizar a análise;
- cada variável qualitativa recebeu uma nota de 1 a 10 conforme sua posição em relação ao decil a que pertence determinados no Quadro 13, como se fossem ser avaliados por um especialista humano. Para os quatro índices de endividamento considerados, a variável “ótimo” recebeu nota 10,0, “bom” 8,5, “satisfatório” 6,5, “razoável” 5,0, “fraco” 3,5, “deficiente” 2,0 e “péssimo” nota 1,0;
- atribuídas as notas para cada índice de endividamento, isoladamente, cada índice de entrada quantitativo foi classificado no decil correspondente para receber a respectiva nota. Depois de verificado cada índice, classificado no seu respectivo

decil e atribuído às respectivas notas, somou-se as quatro notas e calculou-se a média aritmética do conjunto de índices representativos de cada empresa;

- calculado a média aritmética, foi necessário apurar as notas para cada variável qualitativa. Desta forma, a variável “ótimo” recebeu nota acima de 8,5, “bom” de 7,0 a 8,5, “satisfatório” de 5,6 a 6,9, “razoável” de 4,1 a 5,5, “fraco” de 2,6 0 a 4,0, “deficiente” 1,6 a 2,5 e “péssimo recebeu nota abaixo de 1,5;
- por último, para ilustrar o comparativo entre a análise de balanços pelos conjuntos difusos proposto neste estudo e a análise tradicional, demonstrou-se na Tabela 9 as duas colunas e suas respectivas análises.

Tabela 9 – Comparativo de análise do endividamento: modelo difuso *versus* análise tradicional

Empresas	Entrada CtCp	Entrada CtPt	Entrada ComEnd	Entrada EndGer	Saída SED	Análise Tradicional
521 Participações	Oti	Oti	Pés	Oti	Oti: 70,55% Bom:29,45%	Bom
AES Elpa	Def	Pés	Oti	Pés	Def: 68,44% Pés: 31,56%	Fraco
AES Sul	Def	Pés	Raz	Pés	Pés: 68,15% Def: 31,85%	Deficiente
AES Tiête	Pés	Def	Bom	Def	Def: 72,59% Fra: 27,41%	Fraco
Ampla – CERJ	Fra	Fra	Sat	Fra	Fra: 88,78% Raz: 11,22%	Fraco
Baesa	Raz	Raz	Oti	Raz	Bom:95,98% Oti: 4,02%	Satisfatório
Caiua	Pés	Pés	Oti	Pés	Def: 79,18% Pés: 20,82%	Fraco
Ceal	Raz	Raz	Fra	Raz	Raz: 95,14% Sat: 4,86%	Razoável
CEB	Def	Def	Raz	Def	Def: 92,98% Pes: 7,02%	Deficiente
Celesc	Fra	Fra	Raz	Fra	Raz: 66,59% Fra: 33,41%	Fraco
Celg	Pés	Pés	Pés	Pes	Pés: 70,97% Def: 29,03%	Péssimo
Chesf	Bom	Bom	Bom	Bom	Oti: 69,71% Bom:30,29%	Bom
Celpa	Raz	Fra	Sat	Fra	Raz: 50,70% Sat: 49,30%	Razoável
Celpe	Sat	Sat	Raz	Sat	Sat: 58,37% Bom:41,63%	Satisfatório
Cemat	Pes	Def	Sat	Def	Def: 92,98% Fra: 7,02%	Deficiente
Cemar	Pés	Def	Bom	Def	Def: 90,58% Pés: 9,42%	Fraco
Cemig	Sat	Sat	Def	Sat	Bom:56,57% Sat: 43,43%	Razoável
CESP	Raz	Raz	Bom	Raz	Bom:59,57% Sat: 40,43%	Satisfatório
Cia. Eletricidade da Bahia	Sat	Sat	Sat	Sat	Bom:81,76% Sat: 18,24%	Satisfatório
Coelce	Sat	Sat	Raz	Sat	Bom:83,98% Oti: 16,02%	Satisfatório
CEEE	Pés	Pés	Bom	Pes	Pés: 60,35% Def: 39,65%	Deficiente
Copel	Bom	Bom	Pés	Bom	Bom:60,59% Oti: 39,41%	Satisfatório
Cia. Energ.RN	Sat	Sat	Fra	Sat	Sat: 74,38% Raz: 25,62%	Satisfatório
CPFL Energia	Oti	Oti	Pés	Oti	Oti: 68,83% Bom:31,67%	Bom
CPFL Geração de Energia	Oti	Oti	Pés	Oti	Oti: 66,59% Bom:33,41%	Bom
Cia. Piratininga Força e Luz	Raz	Raz	Pés	Raz	Def: 86,38% Fra: 13,62%	Fraco
Duke Energy	Bom	Bom	Bom	Bom	Oti: 68,15% Bom:31,85%	Bom

Bandeirante Energia S/A	Fra	Fra	Def	Fra	Def: 84,58%	Fraço
Elektro	Pés	Pés	Def	Pes	Fra: 15,42%	Péssimo
Elektrobrás	Bom	Bom	Sat	Bom	Pés: 66,95%	Bom
Eletronorte	Bom	Bom	Sat	Bom	Def: 33,05%	Bom
Eletropaulo	Pés	Pés	Sat	Pés	Bom:73,18%	Deficiente
Eletrosul	Bom	Bom	Sat	Bom	Oti: 26,82%	Bom
Emae	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom:28,20%	Bom
Energipe	Sat	Sat	Pés	Sat	Def: 79,18%	Razoável
Enersul	Sat	Sat	Pés	Sat	Pés: 20,82%	Razoável
Escelsa	Pés	Pés	Bom	Pés	Oti: 67,55%	Deficiente
Cia. Força e Luz	Raz	Raz	Pés	Raz	Bom:32,45%	Fraço
Cataguazes-Leopoldina	Bom	Bom	Fra	Bom	Oti: 69,87%	Bom
Furnas	Bom	Bom	Fra	Bom	Bom:30,13%	Bom
Ita Energética	Sat	Sat	Bom	Sat	Sat: 88,36%	Bom
Itaipu	Pes	Pes	Oti	Pes	Bom:11,64%	Fraço
Light	Pes	Pes	Def	Pes	Raz: 53,99%	Péssimo
Manaus Energia	Bom	Bom	Def	Bom	Fra: 46,01%	Satisfatório
Neoenergia	Oti	Oti	Bom	Oti	Def: 93,58%	Ótimo
CPFL	Def	Def	Fra	Def	Pés: 6,42%	Deficiente
RGE	Sat	Sat	Fra	Sat	Fra: 75,82%	Satisfatório
Tractebel	Bom	Bom	Pés	Bom	Def: 24,18%	Satisfatório
Transmissão Paulista	Oti	Oti	Sat	Oti	Oti: 70,78%	Ótimo
Termopernambuco	Fra	Fra	Sat	Fra	Bom:29,22%	Fraço
VBC Energia	Sat	Sat	Oti	Sat	Oti: 71,51%	Bom
					Bom:28,49%	
					Pes: 66,35%	
					Def: 33,65%	
					Pes: 70,54%	
					Def: 29,46%	
					Oti: 52,25%	
					Bom:47,75%	
					Oti: 70,66%	
					Bom:29,34%	
					Def: 98,38%	
					Pés: 1,62%	
					Bom:68,57%	
					Sat: 31,43%	
					Sat: 88,96%	
					Bom:11,04%	
					Oti: 67,43%	
					Bom:32,57%	
					Raz: 76,18%	
					Fra: 23,82%	
					Bom:64,19%	
					Oti: 35,81%	

Fonte: elaborada pelos autores.

Para exemplificar os procedimentos acima descritos, toma-se como exemplo, a empresa Celesc S/A. A análise emitida pelo sistema especialista difuso apresentou uma avaliação do seu conjunto de índices de endividamento como 66,59% razoáveis e 33,41% fraco. Pelo modelo tradicional de análise de balanços um especialista classificaria a empresa como “fraco” e não teria a oportunidade de verificar sua segunda pertinência, isto é, seu viés, sua predição de melhora ou piora. Ao contrário, o modelo especialista difuso nos remete a uma análise mais apropriada, permitindo verificar esse segundo viés que, nesse caso específico, apresenta-se como razoável, isto é, havendo uma tendência de melhora, pois, o nível razoável está acima do nível fraco.

Diante disso, torna-se desnecessário comentar cada empresa individualmente, pois, basta analisar a Tabela 9 para tirar novas conclusões.

7 CONCLUSÕES

A proposta do presente estudo foi apresentar um modelo de análise do endividamento de empresas por meio da lógica *fuzzy* calcado no método quantitativo conhecido como teoria dos conjuntos difusos, ou também chamado por lógica difusa.

Os tópicos conclusivos deste estudo são os seguintes:

Primeiro, para a simulação e testes de funcionamento do modelo, utilizou-se o *software* Matlab® 6.0 para processamento e análise dos dados, os quais foram coletados dos balanços patrimoniais das empresas do setor de energia elétrica brasileiro.

Segundo, o entendimento da análise do endividamento de empresas foi estendido e aperfeiçoado, pois, os conjuntos difusos permitiram tratar, de forma, quantitativos, predicados qualitativos tais como “Péssimo”, “Deficiente”, “Fraco”, “Razoável”, “Satisfatório”, “Bom” e “Ótimo”.

Terceiro, a partir do processamento das informações, o resultado da avaliação é expresso em um valor numérico que representa a avaliação quantitativa da análise do endividamento das empresas, podendo conforme o caso, a empresa pertencer a mais de um grupo. Como exemplo, na análise do endividamento, as empresas AES Elpa e AES Tiête foram classificadas como “deficientes”, porém, a AES Elpa com viés secundário ao predicado qualitativo “péssimo” (31,56%), enquanto que a AES Tiête para “fraco” (27,41%).

Quarto, a pesquisa mostrou que a teoria da lógica *fuzzy* pode ser convenientemente aplicada como instrumento alternativo aos métodos tradicionais de análise de balanços, pois, trata os aspectos ambíguos e incertos inerentes à análise de balanços.

Quinto, o indicador obtido (avaliação) mostrou-se de fácil interpretação, conforme explorado pela contraposição com avaliações qualitativas tradicionais da análise de balanços.

Finalmente, conclui-se que a presente pesquisa possa contribuir para a Ciência Contábil e, mais especificamente, para o campo da análise de balanços, em particular a análise do endividamento de empresas. Naturalmente, em razão do seu caráter inovador, tanto a proposta do estudo em si, como o modelo conseqüente gerado, demandam o envolvimento de outros pesquisadores para melhorar e ampliar as oportunidades de aplicação da teoria dos conjuntos difusos a ciência contábil.

REFERÊNCIAS

ASSAF NETO, Alexandre. Estrutura e Análise de Balanços: Um enfoque econômico-financeiro. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

_____. Finanças corporativas e valor. São Paulo: Atlas, 2003.

BOJADZIEV, George e BOJADZIEV, Maria. *Fuzzy logic for business, finance and management*. London: World Scientific, 1997.

BOLSA DE VALORES DE SÃO PAULO. Sistema ITR/DFP/IAN. Disponível em: <<http://www.bovespa.com.br/Principal.asp>>. Acesso em: 27 fev. 2006.

BOOLE, George. An Investigation of the Laws of Thought on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities. New York: Dover Publications Inc., 1958.

BRIGHAM, Eugene F. e HOUSTON, Joel F. Fundamentos da moderna administração financeira. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

DUBOIS, Didier e PRADE, Henri. Fuzzy sets and systems. Nova York: Academic Press, 1980.

EXAME. Melhores e Maiores. Exame, São Paulo: jul. 2005.

FERNANDES, Anita Maria da Rocha. Sistema Especialista Difuso Aplicado ao Processo de Análise Química Qualitativa de Amostras de Minerais. Dissertação de mestrado, Curso de Pós-Graduação em Ciências na Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

GITMAN, Lawrence Jeffrey. Princípios da administração financeira. 10 ed. São Paulo: Pearson, 2005.

HEIN, Nelson. Técnica do Compartilhamento Sucessivo – um algoritmo memético na otimização de funções multimodais. Tese de doutorado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

IUDÍCIBUS, Sérgio de. Análise de balanços. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

MARION, José Carlos. Análise das demonstrações contábeis. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MATARAZZO, Dante C. Análise Financeira de Balanços. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

NEGOITA, Constantin Virgil. Expert systems and *fuzzy* systems. Menlo Park, California: The Benjamim/Cummings Publishing, 1985.

PASSOS, Emmanuel Lopes. Inteligência artificial e sistemas especialistas ao alcance de todos. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1989.

SILVA, José Pereira da. Análise financeira das empresas. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

ZADEH, Lofti A. *et. al.* Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes. New York: Academic Press, 1965.

ZIMMERMANN, H. Fuzzy Sets Theory and Applications. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1991.