

Um sistema especialista difuso na análise do endividamento de empresas

^{1,2} Fernanda Waltrick Arruda & ¹ Nelson Hein

1. Departamento de Matemática. Centro de Ciências Exatas e Naturais. Universidade Regional de Blumenau. Rua Antônio da Veiga, 140 CEP: 89010-971 Blumenau/SC – Brasil. hein@furb.br

2. Bolsista programa PIBIC/FURB – 2006/2007. fernanda_fwa@hotmail.com

Resumo: O presente estudo consistiu em propor um modelo de sistema especialista que utiliza a teoria dos conjuntos difusos para a análise do endividamento de empresas. Para tanto, o modelo foi apresentado por um estudo de caso, utilizando-se dados contábeis das empresas do setor de energia elétrica brasileiro referente ao exercício social de 2004. Depois de coletados os dados, os mesmos foram analisados e classificados de acordo com a escala de Matarazzo (1998) e a cada índice de endividamento foi atribuída uma variável qualitativa conforme sua posição em relação ao decil. Utilizando-se um software específico (Matlab® 6.0) definiram-se as funções de pertinência e implementaram-se 2.401 regras de inferência para os índices de endividamento. Os resultados obtidos pela pesquisa possibilitaram avaliar-se de forma quantitativa cada empresa, por meio dos graus de pertinência emitidos pelo sistema especialista difuso. Portanto, os resultados demonstram que os conjuntos difusos podem ser utilizados como ferramenta para análise do endividamento de empresas.

Palavras-chave: Conjuntos Difusos. Análise de Endividamento. Empresas. Sistema Especialista. Análise de Balanços.

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 A. Zadeh (1965), da Universidade de 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, onde 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 uma ferramenta 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, tendo como ano base para estudo o exercício social de 2004.

1.1 Análise das demonstrações contábeis

A análise de balanços é uma técnica desenvolvida e aplicada sobre as demonstrações contábeis, permitindo melhorar a interpretação dos valores absolutos dos itens que compõe a estrutura do patrimônio das entidades. A capacidade de analisar, interpretar e de expedir informações acerca de demonstrações contábeis, tem forte

relação com o desempenho do profissional, a partir do conhecimento e da profundidade em que pretende chegar.

Iudícibus (1998, p. 20), caracteriza a análise de balanços como a “arte de saber extrair relações úteis, para o objetivo econômico que tivermos em mente, dos relatórios contábeis tradicionais e de suas extensões e detalhamentos, se for o caso”. Complementa, afirmando, que não existe uma forma científica e metodologicamente comprovada, com receita absoluta para a análise de balanços. Se dois experientes analistas analisarem as demonstrações contábeis de uma mesma empresa, referente aos mesmos períodos contábeis, certamente chegarão a conclusões diversas (IUDÍCIBUS, 1998).

Assaf Neto (2002, p. 49), afirma que a análise de balanços é uma arte, e que não existe um critério ou metodologia formal e definitiva para a execução desta atividade, e explica que “dessa maneira, é impossível sugerir-se uma seqüência metodológica ou um instrumental científico capazes de fornecer diagnósticos sempre precisos das empresas”.

Para Silva (2004) a análise de balanços é um instrumento de auxílio para a avaliação do desempenho de uma empresa, reduzindo o grau de incerteza, quando desenvolvido sobre informações contábeis confiáveis. Por melhor que seja desenvolvida a arte de analisar as demonstrações contábeis, as bases fundamentais são os valores absolutos com que as demonstrações são elaboradas.

Desta forma, aplicaram-se algumas técnicas para análise das demonstrações contábeis, e que dentre elas, destacou-se a análise por meio de índices.

1.1.1 Análise de Balanços por Meio de Índices

A análise de balanços 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.

Segundo Matarazzo (1998, p. 155), “pode-se subdividir a análise das Demonstrações Financeiras em análise da situação financeira e análise da situação econômica”. Matarazzo (1998, p. 156) complementa: “inicialmente, analisa-se a situação financeira separadamente da situação econômica, no momento seguinte, juntam-se as conclusões dessas duas análises”.

Para a análise da situação financeira utilizou-se os indicadores de estrutura (endividamento) e de liquidez e para a análise da situação econômica utilizou-se os indicadores de rentabilidade (MATARAZZO, 1998).

Desta forma, os índices tiveram 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 pudesse construir um quadro de avaliação da empresa.

1.2 Grupos de Índices Financeiros

Embora diferentes autores tenham alguns pontos em comum quanto aos principais grupos de índices, notou-se, pela revisão da literatura, que existem algumas diferenças em seus agrupamentos. De certa forma, cada autor apresenta um agrupamento de índices que difere dos demais e que segundo Matarazzo (1998) mesmo com relação aos índices que constam de praticamente todas as obras e trabalhos, sempre havia algumas pequenas diferenças, inclusive de fórmulas, mas que não chegam a afetar propriamente a análise.

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”.

O Quadro 1 procura demonstrar de forma sucinta como os diferentes autores classificam os grupos de índices financeiros.

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.

Quadro 1- Grupos de índices financeiros. Elaborado com base em Assaf Neto (2003); Brigham e Houston (1999); Gitman (2005); Iudícibus (1998); Marion (2005) e Matarazzo (1998).

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		*	*			

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, apresentam-se algumas considerações a respeito do grupo de índices financeiros de endividamento, objeto deste trabalho, na visão destes autores mencionados.

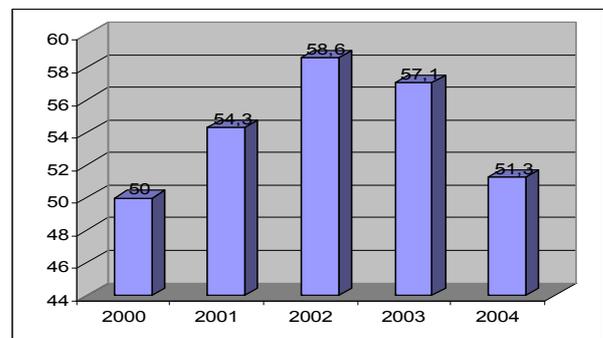


Figura 1. Endividamento geral das 500 maiores empresas do Brasil - em %. Fonte: Revista Exame (2005, p. 48).

Pela figura-1, percebe-se que o endividamento geral das 500 maiores empresas do Brasil vinha apresentando até o ano de 2002 constantes aumentos. Já, a partir do ano de 2003, o nível de endividamento das referidas empresas começou a apresentar sinais de recuo, fazendo com que o ano de 2004, retornasse aos patamares apresentado na virada do século. Com isso, houve um equilíbrio da utilização do capital de terceiros em relação ao capital próprio, demonstrando que as empresas brasileiras redobram os cuidados com seus

passivos num cenário marcado principalmente pelos altos juros impostos pela política econômica atual.

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

Quadro 2- Índices comuns de endividamento. Elaborado com base em Assaf Neto (2003); Brigham e Houston (1999); Gitman (2005); Iudícibus (1998); Marion (2005) e Matarazzo (1998).

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						*

Para selecionar os índices que fizeram parte do modelo proposto, o critério utilizado na seleção constituiu em identificar os índices que foram comuns à 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).

1.3 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.

1.3.1 Sistemas especialistas

Conforme Passos (1989) na década de 70, ficou claro para os pesquisadores de inteligência artificial 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.

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.

1.3.2 Conjuntos difusos

Na década de sessenta, o professor Lotfi A. Zadeh, da Universidade de Berkeley, nos Estados Unidos, quando de sua passagem pelo IMPA (RJ-Brasil), 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 à necessidade de ferramentas mais flexíveis, ele sugeriu neste período, uma teoria alternativa de conjuntos, onde a passagem da pertinência para a não pertinência fosse gradual e não abrupta. Desta maneira, surgiram os conjuntos difusos, onde para cada elemento do universo de discurso, correspondente um grau de pertinência

no conjunto difuso, dado por um número real entre zero e um; com isso, esses conjuntos podem ser vistos como funções f_A , 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 . A seguir, definiu-se para esses conjuntos, operações de união, intersecção e complementaridade, o que lhes conferiu uma estrutura de reticulado. Dessa maneira, fenômenos quantitativos, advindos de uma linguagem natural ou artificial qualquer, podiam ser interpretados e manuseados com um aparato matemático que lhes conferia confiabilidade. Para Hein (1998) por lógica difusa entendeu-se um sistema lógico não clássico, onde além da não validade do princípio do terceiro excluído, seus valores-verdade são lingüísticos e interpretados por funções em contraposição aos valores V e F da lógica clássica. Esses valores-verdade são dados por conjuntos difusos, definidos no intervalo real unitário, formando um conjunto enumerável do tipo:

$\mathfrak{Z}(V) = \{\text{verdadeiro, falso, muito falso, quase verdadeiro, não verdadeiro, ...}\}$

Onde temos, por exemplo: verdadeiro: $[0,1] \rightarrow [0,1]$

Entendeu-se por proposição difusa, uma expressão constituída de um sujeito e um predicado, sendo este dado por um termo vago ou não preciso, como por exemplo: "O endividamento da empresa X é alto". Assim, para satisfazer a idéia, optamos pela lógica difusa da seguinte maneira: seja P uma proposição difusa e A o conjunto difuso que interpreta o termo predicado de P . Sendo V o conjunto universo de discurso de A e $X \subset V$ o subconjunto de V que admite graus de pertinência não nulos em A . Então diz-se que P é satisfeita, se o conjunto difuso A é não vazio, ou seja, $A \neq \emptyset$. A é dado pela função de compatibilidade:

$$f_A : V \rightarrow [0,1]$$

Assim, conforme Dubois e Prade (1980) a lógica difusa se distingue ainda, por trabalhar com raciocínios aproximados aquilo que, aliado à capacidade de interpretação dos conjuntos difusos, acaba por permitir que a mesma se ajuste melhor à linguagem natural e, portanto, às linguagens de ciências não exatas, recapturando o significado de termos vagos, vistos como predicados difusos.

1.3.3 Fuzzificação, funções de pertinência e defuzzificação.

Descrevendo os passos dos processos de controle difuso observou-se o que ocorre durante os processos de fuzzificação, regras de avaliação e defuzzificação. Esses passos foram o que descreveram exatamente todo o funcionamento do controle difuso. A Figura 1 ilustra os passos para o controle difuso executar.

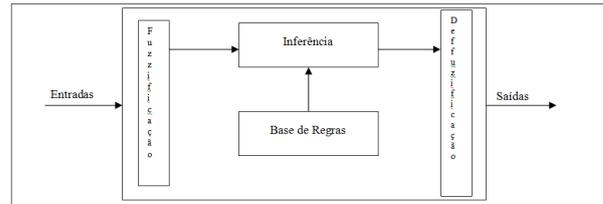


Figura 2- Passos para o controle difuso executar. Adaptado de Bojadziej e Bojadziej (1997, p. 145).

Pode-se resumir as funções dos módulos de um sistema difuso como:

- Fuzzificação: Transformação de informação quantitativa em informação qualitativa. É um processo de generalização.
- Inferência: Transformação de informação qualitativa em informação quantitativa. É um processo de conversão.
- Defuzzificação: Transformação de informação qualitativa em informação quantitativa. É um processo de especificação.

2. Material e Métodos

Para que se cumprissem os objetivos do presente trabalho, a população escolhida foram as empresas do setor de energia elétrica brasileiro, tendo como ano base para estudo o exercício social de 2004. A escolha do setor de energia elétrica como alvo deste estudo deu-se de forma intencional.

2.1 Construção do modelo especialista difuso

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

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

Quadro 3- Conceitos atribuídos aos índices de endividamento conforme sua posição relativa. Adaptado de Matarazzo (1998).

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

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

Com a utilização do software Matlab®, foram definidas as funções de pertinência difusas, conforme os resultados obtidos na análise dos dados. O primeiro passo no processo de fuzzificação foi colocar nomes no universo de discurso de cada entrada. Cada variável de entrada "Índice1", "Índice2", "..." e "Índicen" 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 IF-THEN. 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 (duas mil, quatrocentos e uma) regras de inferência (74). Descreve-se, abaixo, como o conjunto de regras (R) do tipo IF-

THEN para os índices de endividamento, foram compostas:

R1: if x_1 é L1, and x_2 é L1, and ...and x_n é L1 then avaliação é Ótimo.

Rn: if x_n é L7, and x_n é L7, and ...and x_n é L7 then avaliação é Péssimo.

Onde, para os índices de liquidez: x_1 = índice1, x_2 = índice2, ..., x_n = índice n. L1 = ótimo, L2 = bom, L3 = satisfatório, L4 = razoável, L5 = fraco, L6 = deficiente e L7 = péssimo.

3. Resultados e Discussões

Conforme a Figura 2, 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, consistiu 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.

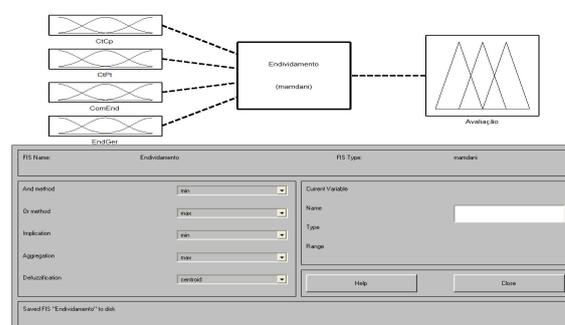


Figura 3- Árvore de decisões dos índices de endividamento. Elaborado com base no software Matlab® 6.0.

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.

3.1 Teste prático do modelo difuso para os índices de endividamento

A partir do Balanço Patrimonial do exercício de 2004 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 Cap. 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

Conforme a Tabela 1, a Relação Capital de Terceiros em Relação ao Capital Próprio obteve intervalo do 1º ao 9º decil entre 24,74 e 868,68; a Relação Capital de Terceiros em Relação ao 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 Relação Capital de Terceiros em Relação ao Capital Próprio.

Tabela 2- Variáveis de entrada da relação capital de terceiros em relação ao 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

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 Relação Capital de Terceiros em Relação ao Passivo Total.

Tabela 3- Variáveis de entrada da relação capital de terceiros em relação ao 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

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.

Tabela 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

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

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.

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

Tabela 6- Variáveis de saída dos índices de endividamento.

Valor			Rótulo	
de	-15,30	a	14,80	Ótimo
de	0,00	a	33,33	Bom
de	16,70	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	85,30	a	115,00	Péssimo

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

O rótulo Ótimo possui grau de pertinência igual a 1 (um) para qualquer valor menor que 0,00, e deste a 14,80 pertinência decrescente até zero. Bom possui pertinência crescente de 0,00 a 14,80 e decrescente de 14,80 a 33,33. Satisfatório possui pertinência crescente de 14,80 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 83,33 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 (vide anexos) demonstra a análise individual de cada empresa e sua respectiva avaliação.

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	$y = \frac{x - 83,33}{16,67}; 83,33 \leq x \leq 100$	

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 inclinações secundárias 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 inclinações diferentes, ou seja, enquanto a empresa AES Tietê é Deficiente com inclinação de 27,41% para Fraco a empresa Caiua é Deficiente com inclinação de 20,82% para Péssimo. Isto permite uma melhor análise por parte dos interessados pela informação de endividamento.

Diante disso tornou-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.

4. Conclusão

A proposta do estudo foi apresentar um modelo de análise do endividamento de empresas por meio de um sistema especialista 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 um software (Matlab® 6.0 Release 12) para processamento e análise dos dados, os quais foram coletados dos balanços patrimoniais das empresas do setor de energia elétrica brasileiro, referente ao exercício de 2004.

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 foi expresso em um valor numérico que representa a avaliação quantitativa da análise do endividamento e da liquidez de 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 inclinação secundária ao

predicado qualitativo "péssimo" (31,56%), enquanto que a AES Tiête para "fraco" (27,41%). Quarto, o modelo conceitual se mostrou plenamente operacional e, portanto, aplicável na atividade de análise do endividamento de empresas. A pesquisa mostrou que a teoria dos conjuntos difusos pode ser convenientemente aplicada como uma ferramenta alternativa 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 à 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.

5. Agradecimentos: a equipe de pesquisa deste projeto agradece a Universidade Regional de Blumenau (FURB), pela concessão de espaço, logística, apoio técnico-científico e financiamento dos trabalhos realizados, cujos resultados formam o conteúdo deste relatório.

6. Referências

1. ASSAF NETO, Alexandre. **Estrutura e Análise de Balanços:** Um enfoque econômico-financeiro. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
2. ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor.** São Paulo: Atlas, 2003.
3. BOLSA DE VALORES DE SÃO PAULO. Sistema ITR/DFP/IAN. Disponível em: <<http://www.bovespa.com.br/Principal.asp>>. Acesso em: 27 fev. 2006.
4. 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.
5. BRIGHAM, Eugene F. e HOUSTON, Joel F. **Fundamentos da moderna administração financeira.** Rio de Janeiro: Campus, 1999.
6. DUBOIS, Didier e PRADE, Henri. **Fuzzy sets and systems.** Nova York: Academic Press, 1980.
7. EXAME. Melhores e Maiores. **Exame,** São Paulo: jul. 2005.

8. GITMAN, Lawrence Jeffrey. **Princípios da administração financeira**. 10 ed. São Paulo: Pearson, 2005.
9. 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.
10. IUDÍCIBUS, Sérgio de. **Análise de balanços**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1998.
11. MARION, José Carlos. **Análise das demonstrações contábeis**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2005.
12. MATARAZZO, Dante C. **Análise Financeira de Balanços**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1998.
13. NEGOITA, Constantin Virgil. **Expert systems and fuzzy systems**. Menlo Park, California: The Benjamim/Cummings Publishing, 1985.
14. PASSOS, Emmanuel Lopes. **Inteligência artificial e sistemas especialistas ao alcance de todos**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1989.
15. WURMAN, R. S. **Ansiedade de Informação: Como Transformar Informação em Compreensão**. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1991.
16. SILVA, José Pereira da. **Análise financeira das empresas**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2004.
17. ZADEH, Lofti A. et. al. **Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes**. New York: Academic Press, 1965.
18. ZIMMERMANN, H. **Fuzzy Sets Theory and Applications**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1991.

Anexo I

Tabela 7 - Teste prático 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;98,95)	(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)
Celpa	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. Elet. 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 Energ. 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)
Eletróbrás	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)
C.F.L. 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)
Transmis. 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)