

Um sistema especialista difuso na análise da liquidez de empresas

^{1,2} Leonardo Felipe Pamplona & 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/CNPq – 2006/2007. leofp@inf.furb.br

Resumo: As demonstrações contábeis divulgadas pelas empresas têm sido objeto de diversos estudos ao longo do tempo. Para alguns autores, mais do que uma técnica, a análise de balanços é uma arte. O estudo consistiu em propor um modelo de sistema especialista que utilizou a teoria dos conjuntos difusos para a análise da liquidez de empresas. Para tanto, o modelo é apresentado por um estudo de caso, utilizou-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 liquidez 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 343 regras de inferência para os índices de liquidez. 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 da liquidez de empresas.

Palavras-Chaves: Sistema Especialista. Conjuntos Difusos. Análise de Liquidez. Empresas. 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 “A liquidez da empresa X é alta”, é um exemplo. A liquidez ser alta 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, a liquidez ser alta pode ser uma afirmação verdadeira, contudo avaliada em termos de graus de pertinência. Com isso podem existir duas empresas com liquidez alta, porém em graus distintos. Inclusive, pode-se chegar a afirmar que uma empresa possui, simultaneamente, uma liquidez alta e baixa, 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 definido (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 da liquidez, extraídas das demonstrações contábeis apresentadas pelas empresas do setor de energia elétrica brasileiro, tendo como ano base para estudo o exercício social de 2004.

2. Material e Métodos

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, a base fundamental são os valores absolutos com que as demonstrações são elaboradas.

Desta forma, aplicam-se algumas técnicas para análise das demonstrações contábeis, e que dentre elas, destaca-se a análise 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 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.

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. 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 há 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”.

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

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

Os indicadores de liquidez evidenciam a situação financeira de uma empresa frente a seus diversos compromissos financeiros, isto é, constituem uma apreciação sobre se a empresa tem capacidade para saldar seus compromissos, considerando-se o longo prazo, o curto prazo ou prazo imediato.

Conforme Gitman (2005) como uma liquidez baixa ou declinante é um precursor comum de dificuldades financeiras e falência, esses índices são vistos como bons indicadores de problemas de fluxo de caixa.

Em suma, a partir da análise dos índices de liquidez, observa-se que quanto maior a liquidez da empresa melhor será a sua situação financeira. O gráfico 1 retrata o índice de liquidez geral das 500 maiores empresas do Brasil neste início do século XXI.

Pela análise da figura 1, a liquidez geral das 500 maiores empresas do Brasil vinha apresentando do ano de 2000 até o ano de 2002 constantes declínios. Já, a partir do ano de 2003, o nível de liquidez das referidas empresas começou a apresentar sinais de melhora, voltando aos patamares apresentado no início do século. Em 2004, a liquidez geral subiu para 0,81 – o maior índice deste novo milênio e distante do segundo, os 0,71 atingidos em 2000 e 2003. Isso pode ser compreendido como uma evidência de que as

empresas brasileiras evoluíram no gerenciamento de suas finanças.

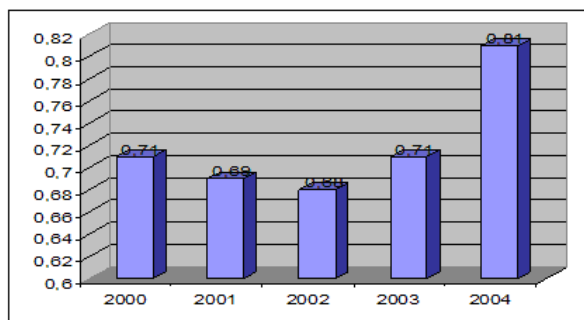


Figura 1. Endividamento geral das 500 maiores empresas do Brasil - em %. Fonte: Revista Exame (2005, p. 48).

Desta forma, o Quadro 2, procura demonstrar os principais índices de liquidez comuns aos autores Gitman (2005), Iudícibus (1998), Matarazzo (1998), Brigham e Houston (1999), Assaf Neto (2003) e Marion (2005). Ato contínuo relata-se os conceitos e as fórmulas de cálculo utilizadas para a obtenção dos índices de liquidez selecionados a partir do referido quadro.

Quadro 2 - Índices comuns de liquidez. 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
Liquidez Corrente	*	*	*	*	*	*
Liquidez Seca	*	*	*	*	*	*
Liquidez Imediata	*			*	*	
Liquidez Geral	*			*	*	*

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 Liquidez Corrente e Liquidez Seca, citados pela unanimidade dos autores pesquisados e o índice de Liquidez Geral, citado por Assaf Neto (2003), Iudícibus (1998), Marion (2005) e Matarazzo (1998).

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.

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 a 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.

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 μ , 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 entende-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: $[0,1] \rightarrow [0,1]$

Entende-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, $X \neq \emptyset$. 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.

Descrevendo os passos dos processos de controle difuso observa-se o que ocorre durante os processos de fuzzificação, regras de avaliação e defuzzificação. Esses passos é que descrevem exatamente todo o funcionamento do controle difuso. A Figura 2 ilustra os passos para o controle difuso executar.

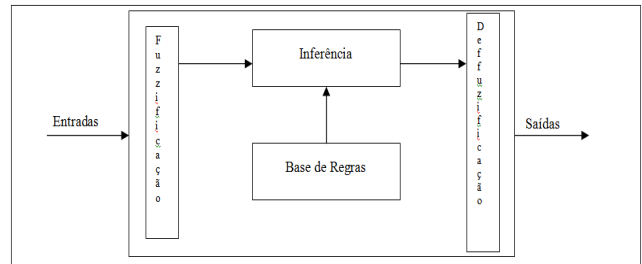


Figura 2- Passos para o controle difuso executar. Adaptado de Bojadziev e Bojadziev (1997, p. 145).

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

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

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.

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, chamadas 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 liquidez. 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 liquidez em função de sua posição, relativamente aos padrões.

Pela análise do Quadro 3, os índices de liquidez quanto maior classificado for em relação ao decil, melhor o resultado da 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 de 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).

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

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 liquidez, a condição “Péssimo” recebeu como domínio o 1º e 2º decil, “Deficiente” recebeu um domínio do 1º ao 3º decil, “Fraco” recebeu um domínio do 2º ao 4º decil, “Razoável” recebeu um domínio do 3º ao 5º decil, “Satisfatório” recebeu um domínio do 4º ao 8º decil, “Bom” recebeu um domínio do 5º ao 9º decil e “Ótimo” recebeu um domínio acima do 8º decil.

Para se utilizar sistemas que envolvem os conjuntos difusos, são necessárias regras (R) do tipo IF-THEN. Nesta pesquisa, foram implementadas todas as combinações possíveis de regras de inferência. Para os índices de liquidez, essa combinação implicou no desenvolvimento de 343 (trezentos e quarenta e três) regras de inferência (73). Descreve-se, abaixo, como o conjunto de regras (R) do tipo IF-THEN para os índices de liquidez foram compostas:

R1: if x1 é L1, and x2 é L1, and ...and xn é L1 then avaliação é Péssimo.

Rn: if xn é L7, and xn é L7, and ...and xn é L7 then avaliação é Ótimo.

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

3. Resultados e Discussões

Conforme a Figura 3, a árvore de decisões do modelo proposto é composta por três entradas (Liquidez Corrente, Liquidez Seca e Liquidez 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 utilizadas.

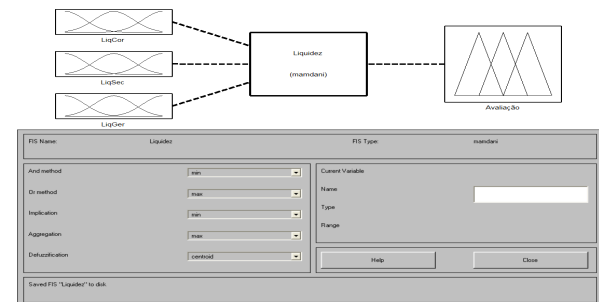


Figura 3- Árvore de decisões dos índices de liquidez. Elaborado com base no software Matlab® 6.0.

Por motivo de utilização do software (Matlab 6.0) as variáveis Liquidez Corrente, Liquidez Seca e Liquidez Geral, foram definidas no software utilizado como LiqCor, LiqSec e LiqGer respectivamente.

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

Tabela 1 - Distribuição dos índices de liquidez no decil

Decil	Liquidez Corrente	Liquidez Seca	Liquidez Geral
1º.	0,39	0,39	0,13
2º.	0,52	0,52	0,30
3º.	0,70	0,67	0,45
4º.	0,84	0,83	0,53
5º.	0,95	0,90	0,66
6º.	1,05	1,01	0,73
7º.	1,18	1,13	0,81
8º.	1,73	1,40	0,92
9º.	2,03	1,81	1,12

Conforme a Tabela 1, o índice de Liquidez Corrente obteve intervalo do 1º ao 9º decil entre 0,39 e 2,03; o índice de Liquidez Seca obteve intervalo entre 0,39 e 1,81 e o índice de Liquidez Geral obteve intervalo entre 0,13 e 1,12.

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 conforme explicado no terceiro capítulo.

A Tabela 2 apresenta o domínio de cada rótulo da variável de entrada do índice de Liquidez Corrente.

Tabela 2 - Variáveis de entrada do índice de liquidez corrente.

Valor		Rótulo
de 0	a 0,52	Péssimo
de 0,39	a 0,70	Deficiente
de 0,52	a 0,84	Fraco
de 0,70	a 0,95	Razoável
de 0,84	a 1,73	Satisfatório
de 0,95	a 2,03	Bom
de 1,73	a 2,50	Ótimo

O rótulo Péssimo possui grau de pertinência igual a 1 (um) para qualquer valor menor que 0,39, e deste a 0,52 pertinência decrescente até zero. Deficiente possui pertinência crescente de 0,39 a 0,52 e decrescente de 0,52 a 0,70. Fraco possui pertinência crescente de 0,52 a 0,70 e decrescente de 0,70 a 0,84. Razoável possui pertinência crescente de 0,70 a 0,84 e decrescente de 0,84 a 0,95. Satisfatório possui pertinência crescente de 0,84 a 0,95 e decrescente de 0,95 a 1,73. Bom possui pertinência crescente de 0,95 a 1,73 e decrescente de 1,73 a 2,03. Ótimo possui pertinência crescente de 1,73 a 2,03 e pertinência igual a 1 (um) acima deste valor.

A Tabela 3 apresenta o domínio de cada rótulo da variável de entrada do índice de Liquidez Seca.

Tabela 3 - Variáveis de entrada do índice de liquidez seca.

Valor		Rótulo
de 0	a 0,52	Péssimo
de 0,39	a 0,67	Deficiente
de 0,52	a 0,83	Fraco
de 0,67	a 0,90	Razoável
de 0,83	a 1,40	Satisfatório
de 0,90	a 1,81	Bom
de 1,40	a 2,00	Ótimo

O rótulo Péssimo possui grau de pertinência igual a 1 (um) para qualquer valor menor que 0,39, e deste a 0,52 pertinência decrescente até zero. Deficiente possui pertinência crescente de 0,39 a 0,52 e decrescente de 0,52 a 0,67. Fraco possui pertinência crescente de 0,52 a 0,67 e decrescente de 0,67 a 0,83. Razoável possui pertinência crescente de 0,67 a 0,83 e decrescente de 0,83 a 0,90. Satisfatório possui pertinência crescente de 0,83 a 0,90 e decrescente de 0,90 a 1,40. Bom possui pertinência crescente de 0,90 a 1,40 e decrescente de 1,40 a 1,81. Ótimo possui

pertinência crescente de 1,40 a 1,81 e pertinência igual a 1 (um) acima deste valor.

A Tabela 4 apresenta o domínio de cada rótulo da variável de entrada do índice de Liquidez Geral.

Tabela 4 - Variáveis de entrada do índice de liquidez geral.

Valor		Rótulo
de 0	a 0,30	Péssimo
de 0,13	a 0,45	Deficiente
de 0,30	a 0,53	Fraco
de 0,45	a 0,66	Razoável
de 0,53	a 0,92	Satisfatório
de 0,66	a 1,12	Bom
de 0,92	a 1,50	Ótimo

O rótulo Péssimo possui grau de pertinência igual a 1 (um) para qualquer valor menor que 0,13, e deste a 0,30 pertinência decrescente até zero. Deficiente possui pertinência crescente de 0,13 a 0,30 e decrescente de 0,30 a 0,45. Fraco possui pertinência crescente de 0,30 a 0,45 e decrescente de 0,45 a 0,53. Razoável possui pertinência crescente de 0,45 a 0,53 e decrescente de 0,53 a 0,66. Satisfatório possui pertinência crescente de 0,53 a 0,66 e decrescente de 0,66 a 0,92. Bom possui pertinência crescente de 0,66 a 0,92 e decrescente de 0,92 a 1,12. Ótimo possui pertinência crescente de 0,92 a 1,12 e pertinência igual a 1 (um) acima deste valor.

A Tabela 5 apresenta o domínio de cada rótulo da variável de saída (Avaliação), apresentado pelo resultado da implementação da variável no software utilizado.

Tabela 5 - Variáveis de saída dos índices de liquidez.

Valor		Rótulo
de -15,30	a 14,80	Péssimo
de 0,00	a 33,33	Deficiente
de 16,70	a 50,00	Fraco
de 33,33	a 66,70	Razoável
de 50,00	a 83,33	Satisfatório
de 66,70	a 100,00	Bom
de 85,30	a 115,00	Ótimo

O rótulo Péssimo possui grau de pertinência igual a 1 (um) para qualquer valor menor que 0,00, e deste a 14,80 pertinência decrescente até zero. Deficiente possui pertinência crescente de 0,00 a 14,80 e decrescente de 14,80 a 33,33. Fraco 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. Satisfatório possui pertinência crescente de 50,00 a 66,70 e decrescente de 66,70 a 83,33. Bom possui pertinência crescente de 66,70 a 83,33 e decrescente de 85,30 a 100,00. Ótimo possui

pertinência crescente de 83,33 a 100,00 e pertinência igual a 1 (um) acima deste valor.

Desta forma, a Tabela 6 (*vide* anexo) 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. As funções utilizadas também foram as triangulares, contudo em ordem crescente, como pode ser acompanhado na tabela a seguir em que elas são apresentadas, bem como o seu domínio de ação.

Tabela 7 - Grau de pertinência de avaliação dos índices de liquidez

Função de Pertinência	Crescente	Decrescente
Péssimo		$y = \frac{16,67 - x}{16,67}, 0 \leq x < 16,67$
Deficiente	$y = \frac{x}{16,67}, 0 \leq x < 16,67$	$y = \frac{33,33 - x}{16,67}, 16,67 \leq x < 33,33$
Fraco	$y = \frac{x - 16,67}{16,67}, 16,67 \leq x < 33,33$	$y = \frac{50 - x}{16,67}, 33,33 \leq x < 50$
Razoável	$y = \frac{x - 33,33}{16,67}, 33,33 \leq x < 50$	$y = \frac{66,67 - x}{16,67}, 50 \leq x < 66,67$
Satisfatório	$y = \frac{x - 50}{16,67}, 50 \leq x < 66,67$	$y = \frac{83,33 - x}{16,67}, 66,67 \leq x < 83,33$
Bom	$y = \frac{x - 66,67}{16,67}, 66,67 \leq x < 83,33$	$y = \frac{100 - x}{16,67}, 83,33 \leq x < 100$
Ótimo	$y = \frac{x - 83,33}{16,67}, 83,33 \leq x \leq 100$	

Os procedimentos de defuzzificação consistiram em substituir os valores da Avaliação de cada empresa, pois os graus de pertinência nos grupos apontados na Tabela 15 foram obtidos por meio da substituição do índice de saída da avaliação.

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. Fato interessante na atual análise é a presença de empresas com pertinências puras, como foi o caso das empresas Baesa e Duke Energy, ambas classificadas com 100% de pertinência no grupo Satisfatório, Celg e Cemat com 100% de pertinência no grupo Razoável. Ademais, a análise se equivale àquela realizada no índice de endividamento, havendo casos como a empresa Ceal que foi classificada como 56,03% do grupo Satisfatório e 43,97% no grupo Bom, por outro lado a empresa Cemig, também classificada em primeira instância como sendo do grupo Satisfatório (52,19%), possui uma inclinação secundária para o grupo Razoável com pertinência de 47,81%.

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.

4. Conclusão

A proposta do presente estudo foi apresentar um modelo de análise da liquidez 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, foram 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 da liquidez de empresas foi estendida e aperfeiçoada, pois, os conjuntos difusos permitiram tratar, de forma, quantitativa, 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 da liquidez de empresas, podendo conforme o caso, a empresa pertencer a mais de um grupo. Como exemplo, na análise da liquidez, as empresas Cia. Energética RN e CPFL Geração de Energia foram classificadas na qualidade "bom", contudo, como inclinação secundária são classificadas como "satisfatório" (0,42%) e "ótimo" (47,22%), respectivamente.

Quarto, o modelo conceitual se mostrou plenamente operacional e, portanto, aplicável na atividade de análise da liquidez 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 da liquidez 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.

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. BOJADZIEV, George e BOJADZIEV, Maria. **Fuzzy logic for business, finance and management.** London: World Scientific, 1997.
4. BOLSA DE VALORES DE SÃO PAULO. Sistema ITR/DFP/IAN. Disponível em: <<http://www.bovespa.com.br/Principal.asp>>. Acesso em: 27 fev. 2006.
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. 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.
9. GITMAN, Lawrence Jeffrey. **Princípios da administração financeira.** 10 ed. São Paulo: Pearson, 2005.
10. 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.
11. IUDÍCIBUS, Sérgio de. **Análise de balanços.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 1998.
12. MARION, José Carlos. **Análise das demonstrações contábeis.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2005.
13. MATARAZZO, Dante C. **Análise Financeira de Balanços.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1998.
14. NEGOITA, Constantin Virgil. **Expert systems and fuzzy systems.** Menlo Park, California: The Benjamim/Cummings Publishing, 1985.
15. PASSOS, Emmanuel Lopes. **Inteligência artificial e sistemas especialistas ao alcance de todos.** Rio de Janeiro: LTC Editora, 1989.
16. SILVA, José Pereira. **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 6 - Teste prático da análise da liquidez utilizando os conjuntos difusos.

Empresas	Entrada LiqCor	Entrada LiqSec	Entrada LiqGer	Saída Avaliação	% Pertinência	% Pertinência
521 Participações	2,02	2,02	1,45	93,6	(Oti;61,55)	(BOM;38,45)
AES Elpa	0,06	0,06	0,00	4,75	(Pés;71,51)	(Def;28,49)
AES Sul	0,37	0,36	0,29	7,0	(Pés;58,00)	(Def;42,00)
AES Tiête	2,14	2,13	0,55	83,5	(Bom;98,98)	(Oti;0,02)
Ampla - CERJ	0,85	0,84	0,72	55,3	(Raz;68,39)	(Sat;31,61)
Baesa	3,50	3,50	0,04	66,7	(Sat;100,00)	-----
Caiua	0,49	0,48	0,43	16,5	(Def;98,98)	(Pés;0,02)
Ceal	1,10	1,08	0,90	74,0	(Sat;56,03)	(Bom;43,97)
CEB	1,13	1,11	0,65	73,1	(Sat;61,43)	(Bom;38,57)
Celesc	1,50	1,48	0,85	77,4	(Bom;64,19)	(Sat;35,81)
Celg	0,71	0,67	0,75	50,0	(Raz;100,00)	-----
Chesf	0,77	0,73	0,27	25,0	(Fra;50,00)	(Def;50,00)
Celpe	0,92	0,88	0,77	60,0	(Sat;59,99)	(Raz;40,01)
Celpe	1,21	1,20	1,11	82,3	(Bom;93,58)	(Sat;6,42)
Cemat	0,65	0,63	0,75	50,0	(Raz;100,00)	-----
Cemar	1,84	1,82	0,52	83,3	(Bom;99,58)	(Sat;0,42)
Cemig	0,84	0,83	0,79	58,7	(Sat;52,19)	(Raz;47,81)
CESP	0,30	0,30	0,16	5,28	(Pés;68,33)	(Def;31,67)
Cia. Eletricidade da Bahia	1,32	1,32	0,83	76,9	(Bom;61,19)	(Sat;38,81)
Coelce	1,21	1,21	0,70	74,1	(Sat;55,43)	(Bom;44,57)
CEEE	0,70	0,68	0,42	29,3	(Fra;75,76)	(Def;24,24)
Copel	0,41	0,41	1,04	38,4	(fra;59,69)	(Raz;30,41)
Cia. Energ.RN	1,01	1,00	1,14	83,3	(Bom;99,58)	(Sat;0,42)
CPFL Energia	3,69	3,69	2,21	96,3	(Oti;77,74)	(Bom;22,26)
CPFL Geração de Energia	2,11	2,11	3,10	91,2	(Bom;52,78)	(Oti;47,22)
Cia. Piratininga Força e Luz	1,02	1,02	0,94	72,6	(Sat;64,43)	(Bom;35,57)
Duke Energy	1,15	1,15	0,30	66,7	(Sat;100,00)	-----
Bandeirante Energia S/A	0,93	0,92	0,90	68,3	(Sat;90,22)	(Bom;9,78)
Elektro	0,90	0,89	0,51	53,9	(Raz;76,78)	(Sat;23,22)
Eletrobrás	0,37	0,36	0,22	6,0	(Pés;64,00)	(Def;36,00)
Eletronorte	1,74	1,74	2,49	90,1	(Bom;59,39)	(Oti;40,61)
Eletropaulo	0,90	0,89	0,58	57,6	(Raz;54,59)	(Sat;45,41)
Eletrosul	1,73	1,66	1,33	87,1	(Bom;77,38)	(Oti;22,62)
Emae	1,91	1,80	1,05	88,5	(Bom;68,98)	(Oti;31,02)
Energipe	0,40	0,40	0,86	29,0	(Fra;73,96)	(Def;26,04)
Enersul	0,85	0,85	0,85	61,1	(Sat;66,59)	(Raz;33,41)
Escelsa	0,92	0,91	0,48	60,6	(Sat;63,59)	(Raz;36,41)
Cia. F.L. Cataguazes-Leopoldina	0,30	0,30	0,32	6,79	(Pés;59,27)	(Def;40,73)
Furnas	1,03	1,00	0,68	70,0	(Sat;80,02)	(Bom;19,98)
Ita Energética	0,50	0,50	0,10	16,6	(Def;99,58)	(Pés;0,42)
Itaipu	0,57	0,56	0,03	16,7	(Def;99,76)	(Fra;0,24)
Light	0,54	0,54	0,39	19,5	(Def;82,96)	(Fra;17,04)
Manaus Energia	0,79	0,70	0,71	54,1	(Raz;75,58)	(Sat;24,42)
Neoenergia	2,05	2,05	1,04	94,5	(Oti;66,95)	(Bom;33,05)
CPFL	0,98	0,98	0,74	71,0	(Sat;74,02)	(Bom;25,98)
RGE	1,07	1,06	0,54	68,2	(Sat;90,82)	(Bom;9,18)
Tractebel	0,93	0,92	0,58	62,4	(Sat;74,39)	(Raz;25,61)
Transmissão Paulista	3,03	2,93	1,41	94,1	(Oti;64,55)	(Bom;35,45)
Termopernambuco	0,39	0,39	0,16	5,98	(Pés;64,13)	(Def;35,87)
VBC Energia	22,69	22,69	0,49	83,3	(Bom;99,58)	(Sat;0,42)