UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE CONTABILIDADE E ATUÁRIA**

**MODELO DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE CONTROLE
UTILIZANDO A LÓGICA NEBULOSA**

JERÔNIMO ANTUNES

Tese apresentada ao Departamento de Contabilidade e Atuarial da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo para a obtenção do Título de Doutor em Contabilidade e Controladoria

ORIENTADOR: PROF. DR. ELISEU MARTINS

SÃO PAULO

2004

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor: Prof. Dr. Adolpho José Melfi

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE

Diretor: Profa. Dra. Maria Tereza Leme Fleury

DEPARTAMENTO DE CONTABILIDADE E ATUÁRIA

Prof. Dr. Reinaldo Guerreiro

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE CONTABILIDADE E ATUÁRIA**

**MODELO DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE CONTROLE
UTILIZANDO A LÓGICA NEBULOSA**

JERÔNIMO ANTUNES

Tese apresentada ao Departamento de Contabilidade e Atuária da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo para a obtenção do Título de Doutor em Contabilidade e Controladoria

ORIENTADOR: PROF. DR. ELISEU MARTINS

SÃO PAULO

2004

FICHA CATALOGRÁFICA

Antunes, Jerônimo

Modelo de avaliação de risco de controle utilizando a lógica nebulosa / Jerônimo Antunes – São Paulo, 2004.
162 p.

Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – Universidade de São Paulo, 2004.

Orientador: Prof. Dr. Eliseu Martins

1. Avaliação de Risco de Controle 2. Lógica Nebulosa 3. Contabilidade 4. Auditoria Independente de Demonstrações Contábeis

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP II. Título.

CDD - 657

Para Maria Teresa,
esposa e amiga,
sempre comigo.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Eliseu Martins, pela gentileza de suas sugestões e orientações, sempre oportunas, precisas e objetivas.

Ao Prof. Dr. Nelson Carvalho, admirável e cativante personalidade, imprescindível em muitos momentos importantes da minha vida acadêmica e profissional.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Zwicker, pelo precioso auxílio na dispersão das névoas que me cercavam a respeito da lógica *fuzzy*.

Ao Prof. Dr. Luis João Corrar, cujo apoio e informações, absolutamente oportunas, contribuíram de maneira inestimável.

Aos seguintes professores-doutores pelas relevantes contribuições: Edgar Bruno Cornachione Júnior, Edson Luiz Riccio, Gilberto de Andrade Martins José Alonso Borba e Masayuki Nalagawa.

Ao Prof. José Carlos de Aquino, pela competente revisão ortográfica.

Aos auditores independentes que participaram dos processos de construção e testes do modelo de avaliação, cujos nomes, infelizmente, têm de ser omitidos para preservar o pacto de confidencialidade firmado com todos. Tenham certeza, todavia, que o registro de agradecimento está gravado na minha alma.

Aos meus queridos pais – Antonio e Georgina – pelos extraordinários e diligentes esforços para proporcionar minha base ética e moral.

Por fim, agradecimentos muito especiais para a minha adorada filha Mariana e meus adorados filhos, Guilherme e Eduardo, fontes de amor, alegria e felicidade.

SUMÁRIO

RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1- INTRODUÇÃO	1
1.1 - Considerações iniciais.....	1
1.2 - O problema e sua importância.....	4
1.3 - Hipótese de trabalho.....	8
1.4 - Objetivo, estrutura e limites do trabalho.....	10
1.5 - Metodologia de pesquisa aplicada.....	14
2- AUDITORIA CONTÁBIL E OS RISCOS DOS CONTROLES INTERNOS	15
2.1 - As entidades e os sistemas de controles internos.....	15
2.2 - Importância dos sistemas de controles internos para a auditoria contábil.....	20
2.3 - Pesquisa sobre métodos de avaliação de risco de controle utilizados.....	25
2.4 - Incerteza dos elementos de mensuração de riscos.....	40
3- MÉTODOS QUANTITATIVOS PARA TRATAR INCERTEZAS	43
3.1 – Aspectos introdutórios.....	43
3.2 - Teoria da probabilidade.....	45
3.3 - Teorema de Bayes.....	50
3.4 - Teoria dos conjuntos tradicionais.....	52
3.5 - Teoria dos conjuntos nebulosos.....	56
4- LÓGICA NEBULOSA PARA REDUÇÃO DE INCERTEZAS	65
4.1 – Lógica: a arte de bem pensar.....	65
4.2 – A lógica nebulosa (<i>fuzzy logic</i>).....	68
4.3 – O controlador de lógica nebulosa para aplicações práticas.....	73
4.3.1 – As entradas discretas.....	74
4.3.2 – O processo de “fuzzificação”.....	75
4.3.3 – Base de regras.....	76
4.3.4 – Inferências.....	79
4.3.5 – O processo de “defuzzificação”.....	83
5- MODELO DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE CONTROLE USANDO A LÓGICA NEBULOSA	89
5.1 – Considerações iniciais.....	89
5.2 – Construção da estrutura conceitual básica do modelo.....	90
5.3 – A operacionalização do modelo conceitual.....	105
5.3.1 – A construção da árvore de decisão.....	107
5.3.2 – O processo de “fuzzificação”.....	114
5.3.3 – Regras de produção.....	116
5.3.4 – O processo de inferência.....	120
5.3.5 – Definição do método de “defuzzificação”.....	122
5.3.6 – As saídas discretas.....	124

6- TESTES PRÁTICOS DO MODELO CONCEITUAL.....	129
6.1 – Forma de aplicação dos testes.....	129
6.2 – Testes preliminares e finais do modelo concebido.....	133
6.3 – Constatações extraídas dos testes aplicados.....	139
7- CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	143
BIBLIOGRAFIA.....	149
ANEXO I - Questionário de Avaliação dos Fatores de Riscos de Controle Interno.....	155
ANEXO II - Questionário de Determinação da Importância dos Fatores de Riscos de Controle Interno.....	161

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de transição instantânea de temperatura.....	59
Figura 2 – Representação da transição gradual de temperatura.....	60
Figura 3 – Representação da transição de temperatura com conjuntos nebulosos.....	61
Figura 4 - Estrutura de um controlador de lógica nebulosa.....	74
Figura 5 – Processo de agregação de saídas nebulosas.....	83
Figura 6 – Duração da aguada pelo método centróide.....	85
Figura 7 – Duração da aguada pelo método do máximo.....	86
Figura 8 – Duração da aguada pelo método da média dos máximos.....	87
Figura 9 – Modelo conceitual de avaliação de risco do ambiente de controle.....	100
Figura 10 – Modelo conceitual de avaliação de risco dos outros componentes de controle.....	101
Figura 11 – Modelo conceitual de avaliação final de risco de controle.....	102
Figura 12 – Árvore de decisão da avaliação do risco de gestão de pessoas.....	108
Figura 13 – Resultado do processo de “fuzzificação”.....	114
Figura 14 – Exemplo de regras de produção.....	117
Figura 15 – Métodos de inferência das regras de produção.....	121
Figura 16 – Opções de métodos de “defuzzificação”.....	122
Figura 17 – Valores discretos de entradas e saídas.....	124
Figura 18 – Entradas e saídas discretas do risco do ambiente de controle	126
Figura 19 – Entradas e saídas discretas do risco de outros componentes.	128
Figura 20 – Posição dos termos lingüísticos na escala psicométrica.....	137

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo da pesquisa sobre métodos de avaliações de risco de controle utilizados.....	39
Quadro 2 – Exemplos de Conjuntos Tradicionais.....	53
Quadro 3 – Exemplos de Propriedades de Operações dos Conjuntos Tradicionais.....	54
Quadro 4 – Exemplos de Propriedades de Operações dos Conjuntos Nebulosos.....	63
Quadro 5 – Matriz de Variáveis e Termos Lingüísticos.....	78
Quadro 6 – Classes de Riscos e Fatores de Riscos de Controle.....	94
Quadro 7 – Fatores de Risco e seus Elementos de Avaliação.....	97
Quadro 8 – Exemplos de Combinações de Termos Lingüísticos para Avaliação dos Fatores de Riscos.....	104
Quadro 9 – Resultado das Avaliações de Risco de Controle – Etapa Preliminar – Banco de Dados do Autor.....	135
Quadro 10 – Resultado das Avaliações de Risco de Controle – Etapa Final – Banco de Dados de Terceiros.....	136

RESUMO

A avaliação dos riscos de que o sistema de controle interno de uma entidade possa falhar na identificação, mensuração, registro e divulgação de eventos econômicos, que deverão ser refletidos nas demonstrações contábeis de uma entidade, constitui-se em significativo desafio para os auditores independentes. As metodologias de trabalho empregadas para tal finalidade, normalmente, utilizam como sustentáculo a lógica clássica, em que os elementos que compõem os fatores de riscos são avaliados de forma binária, qual seja, presume-se de modo algo simplista que tais fatores ou estão presentes, ou não, em um determinado tipo de controle ou fase do processo, existem ou não, são realizados ou não, e assim por diante.

O objetivo deste trabalho foi a concepção de um modelo de avaliação de risco dos sistemas de controles internos de uma entidade utilizando a lógica nebulosa (*fuzzy logic*) para contemplar os elementos incertos e difusos que compõem, de maneira representativa, os fatores desse tipo de risco analisados pelos auditores independentes no âmbito de um processo de auditoria das demonstrações contábeis; buscou-se, com o resultado desta pesquisa, permitir que venham a ser produzidos resultados de alcance mais amplo e com maior aproximação da realidade efetivamente encontrada no dia a dia dos negócios, que talvez raramente indique situações pontuais de “sim” ou “não” tal como exigido pela lógica clássica ou pelo método binário de avaliação e julgamento.

A validação conceitual do modelo concebido foi realizada por meio de entrevistas e debates com especialistas, bibliografia relevante e manuais práticos de metodologia

de trabalho de auditoria de empresas representativas dessa indústria e a validade operacional foi testada com uma massa de dados de casos práticos de entidades que tiveram seus sistemas de controles internos avaliados por empresas de auditoria independente de renome atuantes no Brasil, processados no *software FuzzyTech 5.54*.

Como conclusão do estudo, ficou patente que o modelo de avaliação de risco com o uso da lógica nebulosa, além de eliminar a restrição binária imposta pela lógica clássica, permite tratar, de forma numérica e sistematizada, conceitos ambíguos e incertos, através da aplicação de uma escala psicométrica, para refletir predicados tais como “bom”, “razoável”, “de grande importância” etc, produzindo, dessa maneira, resultados mais amplos e próximos da realidade.

Palavras-chave: Avaliação de Risco de Controle, Lógica Nebulosa, Contabilidade, Auditoria Independente de Demonstrações Contábeis.

ABSTRACT

The assessment of the risks that an entity's internal control system may fail concerning the identification, measurement, registration and disclosure of economic events, which should be reflected on the entity's financial statements, is a significant challenge to independent auditors.

The methodologies used to achieve those objectives are usually supported by classical logic thinking, in which the components of the risk factors are assessed under the binary form, in other words, under the relatively simplistic assumption that either they are present or not in a certain kind of control or in a certain phase of the process, they either exist or not, they either are carried out or not, and so on.

The purpose of this study was to conceive a risk assessment pattern to assess the effectiveness of entity's internal control system, using the fuzzy logic approach, in order to take into consideration the uncertain and diffuse elements that are actually present, to a representative extent, in the factors of the control risk analyzed by independent auditors in their process of a financial statements audit; The results of this study aim at permitting that broader conclusions may be reached by the auditors, much closer to the realities of the business environment, which may seldom present individual situations where simple "yes" or "no" answers may be given, as required by the classical logic and binary approach for assessment and evaluation

The conceptual validation of the conceived model was based in interviews and debates with experts, relevant bibliography and manuals of audit methodology of

audit firms representative of this services industry, and the operational validation was tested from a database of cases of profit oriented entities which had their internal control systems assessed by recognized Brazilian audit firms, processed on the FuzzyTech 5.54 software.

This study has concluded that the use of fuzzy logic to support risk assessment models not only eliminates the binary restriction imposed by classic logic, but also allows a numerical and systematic form of treating ambiguous and uncertain concepts, through the application of a psychometric scale, to reflect adjectives such as “good”, “reasonable”, “of great importance” etc, producing, therefore, more ample and closer to reality results.

Key-words: Control Risk Assessment, Fuzzy Logic, Accounting, Independent Audit of Financial Statements.

1- INTRODUÇÃO

1.1- Considerações Iniciais

Opinar sobre algo envolve, inerentemente, o risco de acertar ou errar. No caso de auditores independentes, esse risco se traduz em se manifestar, através de um parecer, sobre se as demonstrações contábeis de uma entidade representam adequadamente, em todos os aspectos relevantes, a posição patrimonial e financeira dessa, o resultado das suas operações, as mutações do seu patrimônio líquido e as origens e aplicações de seus recursos, de acordo com os princípios de contabilidade geralmente aceitos, ou não.

Para poder expressar uma opinião, os auditores necessitam coligir um conjunto de informações (evidências), que considerem apropriado e suficiente e que consiga mitigar, a um nível aceitável, todas as incertezas que decorrem de um processo de avaliação de fatos e eventos, expressos sob o formato de elementos contábeis, tais como: ativo, passivo, receitas, despesas etc.

Esse processo de compilação de evidências apóia-se substancialmente na avaliação que os auditores independentes fazem do denominado “risco de auditoria”, qual seja, o risco que esses profissionais correm de emitir uma opinião incorreta sobre demonstrações contábeis que contenham representações distorcidas de impacto relevante em um processo de decisão.

Segundo Boynton, Johnson e Kell (2002), o principal desafio dos auditores é que não podem examinar todas as possíveis evidências das asserções formalizadas pela administração nas demonstrações contábeis, pertinentes a todos os saldos de contas e classes de transações. Dessa forma, para esses autores, o modelo de risco de auditoria serve como elemento de orientação para os auditores na coleta de evidências, para que possam, assim, atingir o desejado grau de segurança razoável.

O modelo de avaliação de risco de auditoria, de acordo com a revisão bibliográfica e as pesquisas de campo realizadas no bojo deste trabalho, é parte fundamental da metodologia de trabalho dos auditores independentes e utiliza como ferramenta, em essência, uma matriz de risco dimanada da expressão matemática $AR = IR \times CR \times AP \times TD^1$, apresentada no apêndice da norma de auditoria *Statements on Auditing Standards – SAS 39 – Audit Sampling* (AU 350.48) emitida pelo *American Institute of Certified Public Accountants – AICPA*.

Os fatores dessa fórmula algébrica podem ser expressos em termos quantitativos — percentuais, por exemplo — ou não quantitativos — como por exemplo: baixo, moderado ou alto. Quando estruturada com termos não quantitativos, o relacionamento matricial é realizado contemplando níveis aceitáveis de riscos com níveis medianos ou intoleráveis.

Qualquer que seja o processo final de avaliação de risco, quantitativo ou não quantitativo, as metodologias de trabalho de auditoria de demonstrações contábeis, normalmente, utilizam como sustentáculo a lógica clássica, em que os elementos

¹ Em que: *AR* = *Audit Risk*; *IR* = *Inherent Risk*; *CR* = *Control Risk*; *AP* = *Analytical Procedures* e *TD* = *Test of Details*.

que compõem os fatores de riscos são avaliados de forma binária, qual seja, estão presentes ou não em um determinado tipo de controle, existem ou não, são realizados ou não, e assim por diante.

Alguns métodos introduzem um pouco mais de sofisticação técnica, considerando, através de percentuais de ponderação, a importância que cada elemento da avaliação tem no seu conjunto. Todavia, as metodologias de trabalho geralmente não revelam as justificativas técnicas que suportam a atribuição dessas ponderações probabilísticas.

Outro ponto relevante por considerar é que o processo de avaliação de riscos, tendo como principal elemento o sistema de controle interno da entidade, em muitas circunstâncias, consiste de questões que demandam respostas ambíguas, não satisfeitas, portanto, com manifestações pontuais. Todavia, nessas circunstâncias, o auditor, utilizando o processo binário, classificará a resposta como positiva ou negativa, quando essa poderia ser enquadrada como um meio termo, tendendo a positiva ou a negativa. Sem outra opção, o profissional assume a alternativa que lhe pareça mais apropriada e, com isso, avança no campo subjetivo de julgamento, o qual não encontra adequada sustentação contra arguições contraditórias.

Assim, embora possam expressar os níveis de riscos em escalas numéricas ou lingüísticas de tamanho mais amplo, a base da avaliação do auditor independente para os sistemas de controles internos da entidade auditada é realizada com a restrição binária “sim” ou “não” ou “forte” ou “fraco” etc.

1.2 – O Problema e sua Importância

O resultado da avaliação dos riscos dos sistemas de controles internos de uma entidade é componente significativo no processo de determinação da natureza, época e extensão dos testes de auditoria por serem aplicados pelo auditor independente de demonstrações contábeis.

Para Arens e Loebbecke (1997), essa avaliação determinará quão eficazmente os procedimentos de auditoria poderão ser aplicados, sob o ponto de vista econômico e operacional e, principalmente, quão seguro o auditor ficará com relação ao risco de emitir uma opinião incorreta, em decorrência de falhas ou faltas de controles que resultem em inexatas, ou omissas, tarefas de identificar, mensurar, registrar e/ou divulgar os eventos econômicos ocorridos na entidade sob auditoria.

Se o auditor avaliar o risco dos sistemas de controles internos a níveis altos ou médios, isto é, se na sua interpretação os controles internos da entidade apresentam altas ou médias chances de falharem, quando, na realidade, deveria avaliar como nível baixo, ou seja, com poucas chances de falhas ou omissões, o problema em que ele incorre é que deverá projetar e executar um volume maior de trabalho de coleta de evidências, por meio dos denominados testes substantivos².

² De acordo com a NBC-T-11-Normas de Auditoria Independente das Demonstrações Contábeis, emitida pelo Conselho Federal de Contabilidade, os *testes substantivos* consistem no conjunto de técnicas que o auditor utiliza para obter evidências quanto à suficiência, exatidão e validade dos dados produzidos pelo sistema contábil da entidade e diferem-se dos denominados *testes de observância* quanto à finalidade, já que esses últimos visam à obtenção de razoável segurança de que os procedimentos de controle interno da entidade auditada estão em efetivo funcionamento.

Essa situação, segundo Cook (1983), poderá tornar a auditoria muito onerosa e, conseqüentemente, não competitiva, com maior alocação de recursos humanos e risco de não cumprimento de prazos de entrega originariamente estabelecidos entre as partes contratantes dos serviços, do parecer e de eventuais outros relatórios, em decorrência da necessidade de realização de maior volume de inspeções, averiguações, confirmações e outros tipos de exames demandados.

Taylor e Glezen (1997) registram que as normas de auditoria geralmente aceitas recomendam a não aceitação de clientes com esse perfil de risco, normalmente detectado nas negociações preliminares à contratação dos serviços, quando os auditores independentes realizam uma aferição preliminar dos riscos da auditoria, tanto os inerentes como os que possam ser provocados por falhas nos controles.

No sentido inverso, se o auditor avaliar como baixo o risco de os controles falharem ou sequer existirem, o risco em que ele incorre de opinar incorretamente é grande porque, nessa circunstância, o auditor projetará menor volume de procedimentos de auditoria (testes substantivos e procedimentos de comprovação) e, portanto, estará sujeito a não detectar erros materiais nas demonstrações contábeis, por falhas ou omissões dos sistemas de controles internos.

Importa, todavia, enfatizar que o *International Auditing Practices Committee - IAPC*, organismo normatizador³ da *International Federation of Accountants - IFAC*, em sua norma *ISA-400 – Risk Assessments and Internal Control*, adverte que,

³ Após abril de 2002, as normas internacionais de auditoria passaram a ser emitidas pelo *International Auditing and Assurance Standards Board – IAASB*, organismo sucessor criado pela *IFAC*.

independentemente dos níveis avaliados de riscos inerentes e de controle, o auditor deve executar alguns procedimentos de comprovação para saldos de contas e classes de transações relevantes.

Assim, o desafio que se apresenta para o auditor independente é adotar uma metodologia de trabalho que seja capaz de lhe proporcionar bases seguras de avaliação do risco de auditoria.

Atualmente, esse processo de avaliação é realizado com a aplicação da lógica clássica ou de elementos da teoria da probabilidade, cujo sustentáculo, exclusivamente, é o julgamento do avaliador. Todavia, esse julgamento apóia-se em diversos elementos ambíguos, que não têm as características de verdades pontuais e definitivas e que, portanto, precisam ser interpretados de maneira mais ampla que não aquela restrita permitida pela lógica clássica.

De forma complementar, a mera estipulação de pesos, ou de importância, para a relevância de questões-chave no julgamento do auditor, sem a combinação com técnicas mais apropriadas e mais refinadas de métodos quantitativos, pode não prover uma base adequada para sustentar eventuais embates sobre a razoabilidade e a fundamentação correta da expressão de um determinado julgamento realizado pelo auditor independente.

Por outro lado, um método quantitativo identificado na revisão bibliográfica deste trabalho que freqüentemente é utilizado em estudos e aplicações práticas sobre

processos de decisão em situações de incerteza ou de ambigüidade, é a lógica nebulosa (*fuzzy logic*).

Em síntese, o problema pode ser, assim, enunciado:

O auditor independente pode avaliar, com o auxílio da lógica nebulosa, de maneira sistematizada e racional os riscos dos sistemas de controles internos de uma entidade, no âmbito dos exames de auditoria de demonstrações contábeis, contemplando os aspectos ambíguos e incertos inerentes ao ambiente da operação e aos elementos dos processos de controle?

1.3 – Hipótese de Trabalho

A hipótese com a qual se trabalhará, nesta pesquisa, é a seguinte: a avaliação de risco do controle interno, no processo de auditoria independente de demonstrações contábeis, pode produzir resultados de alcance mais amplo e com maior aproximação à realidade (e, portanto, com mais eficácia no desenvolvimento dos trabalhos do auditor independente) quando realizada com métodos quantitativos, especificamente com a lógica nebulosa, em contraposição à avaliação realizada com a aplicação de métodos convencionais que têm como esteio a lógica clássica e/ou atribuições empíricas de probabilidades, como se pratica atualmente no campo profissional de auditoria independente.

O julgamento de um profissional sobre um sistema de controle interno de uma entidade é decorrência da análise dos diversos itens que o compõem. Também se pode facilmente depreender que as indagações pertinentes sobre o desenho e processo de funcionamento dos controles internos de uma entidade não são passíveis de respostas com afirmações precisas do tipo “sim” ou “não”, mas, em muitos casos, com expressões ambíguas, tais como: “talvez”, “mais ou menos”, “quase sempre sim”, “em alguns casos não”.

Dessa forma, é certo que uma estrutura de avaliação baseada em uma lógica de natureza binária não consegue capturar esses predicados inerentes a cada avaliação e, conseqüentemente, retratar no seu produto final a essência que lhe assegurará a correta forma expressa. Para tal intento, é necessária a utilização de outros conceitos, de outras ferramentas.

Nesse contexto, surge a lógica nebulosa, ferramental estatístico gerado a partir de problemas nebulosos, ou incertos, ambíguos, tais como os que o auditor enfrenta cotidianamente, em processos quer sejam de avaliação de risco de controles internos, quer sejam para definir a materialidade dos itens e montantes que pode, eventualmente, estar deixando de examinar, sem comprometer a sua opinião abalizada sobre o conjunto das demonstrações contábeis auditadas.

A justificativa para a hipótese de trabalho é que a lógica nebulosa é um método quantitativo capaz de trabalhar com uma grande quantidade de conceitos difusos, tais como: muito alto, alto, mediano, baixo, fraco, razoável e similares, freqüentemente utilizados no processo de avaliação de risco de controle interno em auditoria independente de demonstrações contábeis, enquanto a lógica clássica está vinculada a um pensamento binário (é “sim” ou é “não”; é “forte” ou é “fraco”), que restringe as diversificações potenciais das respostas às inquirições, bem como as constatações dos auditores independentes.

1.4 - Objetivo, Estrutura e Limites do Trabalho

O objetivo desta pesquisa é construir um modelo de avaliação de risco dos sistemas de controles internos de uma entidade, utilizando os conceitos e mecanismos da lógica nebulosa e operacionalizando-o através de um *software* especialista, para servir de instrumento de auditores independentes na condução dos seus exames das demonstrações contábeis e conseqüente emissão de um parecer quanto à obediência aos princípios de contabilidade geralmente aceitos.

Para tanto, serão identificados os elementos relevantes, tanto de natureza precisa quanto àqueles ambíguos e vagos, normalmente utilizados no processo de aferição de controle interno pelos auditores independentes e constantes das suas metodologias de trabalho, bem como da literatura profissional especializada, e, a partir daí, propor um modelo conceitual estruturado para permitir um processo de avaliação com a utilização dos conceitos e dos mecanismos da lógica nebulosa, visando mitigar os componentes difusos e produzir resultados mais condizentes com a realidade.

A concepção do modelo de avaliação será programada em um *software* de simulação de dados e valores, que propiciará as bases para, eventualmente, no futuro, se desenvolver um sistema especialista, inclusive com a aplicação de tecnologias complementares, tais como as redes neurais artificiais, algoritmo genético etc.

A estrutura do trabalho está segregada nos seguintes capítulos:

1 – INTRODUÇÃO: Traça as considerações iniciais a respeito do trabalho, caracteriza o tipo de problema identificado e a sua importância no ambiente da auditoria independente de demonstrações contábeis, formula a hipótese, o objetivo e a estrutura do trabalho, bem como relata a tipologia da pesquisa aplicada.

2 – AUDITORIA CONTÁBIL E OS RISCOS DOS CONTROLES INTERNOS: A importância dos sistemas de controles internos para as entidades e para o desenvolvimento dos trabalhos da auditoria independente são os assuntos que fornecem os subsídios elementares para as inferências sobre os resultados da pesquisa prévia realizada a respeito dos métodos de avaliação de risco de controle utilizados por catorze empresas de auditoria independente de pequeno, médio e grande porte, atuantes no Brasil. Concluindo o capítulo, discorre-se sobre a incerteza que permeia os elementos de mensuração de riscos.

3 – MÉTODOS QUANTITATIVOS PARA TRATAR INCERTEZAS: Os métodos mais freqüentemente apontados na literatura revisada, para tratamento das incertezas, principalmente no processo decisório de gestão corporativa, são abordados, nesse capítulo, de forma superficial e sintética, apenas com o mero intuito de relembrar conceitos e propriedades que ocupam importante papel no arcabouço conceitual da lógica nebulosa.

4 – LÓGICA NEBULOSA PARA REDUÇÃO DE INCERTEZAS: Nesse capítulo, todos os principais conceitos e a forma do pensamento lógico nebuloso são explorados, com o auxílio imprescindível de exemplos didáticos, tanto de áreas mais comumente exploradas nas obras literárias que se dedicam ao assunto, como de

temas de auditoria. O funcionamento do Controlador de Lógica Nebulosa, o âmago deste trabalho, é apresentado de maneira detalhada, para permitir uma abrangente compreensão do modelo conceitual exposto e operacionalizado no capítulo seguinte.

5 - MODELO DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE CONTROLE USANDO A LÓGICA

NEBULOSA: A estrutura conceitual básica do modelo proposto de avaliação de risco de controle em auditoria independente é demonstrada e explanada nos seus detalhes relevantes para, na seqüência, se apresentar e explicar todos os passos necessários para a operacionalização do modelo conceitual em um *software* selecionado.

6 – TESTES PRÁTICOS DO MODELO CONCEITUAL: Nesse capítulo são comentados os objetivos, a forma de aplicação e os resultados dos testes realizados com o sistema programado no aplicativo de informática, tanto os considerados preliminares, que utilizaram como *inputs* elementos de banco de dados próprio como, principalmente, aqueles testes definitivos que abrangeram empresas de variados perfis de risco de controle e de atuação em distintos ramos de atividade, clientes das três principais empresas de auditoria do mundo, através de seus escritórios localizados na cidade de São Paulo, e de três empresas brasileiras, de expressiva atuação no mercado.

7 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES: As conclusões decorrentes da pesquisa, as vantagens, desvantagens e limitações identificadas na aplicação do modelo em pauta são apresentadas, acompanhadas do registro de algumas reflexões sobre a

potencialidade futura de exploração do tema em outros campos, tarefas e atividades de auditoria independente de demonstrações contábeis.

ANEXO I – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS FATORES DE RISCOS DE CONTROLE INTERNO: Compila as respostas do auditor-avaliador quanto à satisfação, ou insatisfação, do cumprimento das questões formuladas para os objetivos precípuos dos controles internos a que se destinam. As respostas são fornecidas em uma escala psicométrica de 0 a 100, que servirão como as entradas discretas do sistema operacional do modelo desenvolvido.

ANEXO II – QUESTIONÁRIO DE DETERMINAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DOS FATORES DE RISCOS DE CONTROLE INTERNO: De forma similar, este questionário tem por finalidade mensurar os valores que o auditor-avaliador atribui à importância dos Fatores de Riscos para avaliação das Classes de Riscos, conforme a estrutura conceitual do modelo de avaliação de riscos de controles.

O trabalho de pesquisa ficou limitado à avaliação de risco de controle interno, embora pudesse ser estendido para a avaliação do risco de auditoria como um todo.

1.5 - Metodologia de Pesquisa Aplicada

Adotando os dois critérios básicos de distinção dos tipos de pesquisas propostos por Vergara (2000), dentre os diversos possíveis e relacionados, por exemplo, por Martins (1994), configura-se este trabalho de pesquisa:

- *Quanto aos fins:* É uma *pesquisa metodológica*, já que está plenamente associada a caminhos, formas, maneiras, procedimentos para atingir determinados fins e, principalmente, voltada para um processo decisório. A abrangência do trabalho desenvolvido permite, ainda, enquadrar, pelo menos parcialmente, este como uma *pesquisa aplicada*, já que a característica desse tipo de coleta de dados é que ela tem por finalidade a resolução de problemas concretos, ao contrário da pesquisa pura, realizada pela satisfação apenas da curiosidade intelectual do pesquisador;
- *Quanto aos meios:* Configura-se como uma *pesquisa de campo*, já que se trata de uma investigação empírica, realizada junto a profissionais e empresas de auditoria independente, que provocam o fenômeno estudado e que dispõem de elementos para auxiliar na compreensão e domínio das variáveis resultantes da exploração acadêmica. A pesquisa de campo incluiu entrevistas, aplicação de questionários, testes e observações dos participantes e, conforme ensina Andrade (1995) os meios de pesquisas não são mutuamente excludentes e, portanto, este trabalho, também, se insere na classificação de *pesquisa bibliográfica*, já que o volume de obras consultadas, principalmente a respeito de lógica nebulosa, foi expressivo.

2 - AUDITORIA CONTÁBIL E OS RISCOS DOS CONTROLES INTERNOS

2.1 - As Entidades e os Sistemas de Controles Internos

Os gestores de qualquer entidade, seja com finalidade lucrativa, filantrópica, religiosa ou qualquer outra, têm, normalmente, de administrar recursos escassos. Para tanto, faz-se necessário identificar, mensurar e supervisionar o seu consumo. Por outro lado, as ações empreendedoras, igualmente, requerem informações que identifiquem e avaliem os resultados. Não obstante, qualquer gestor eficaz procurará se equilibrar entre a ousadia de arriscar para obter novas oportunidades e a segurança de manter suas conquistas e preservá-las das ameaças de destruição que tanto o ambiente interno quanto o externo apresentam cotidianamente.

Esse processo de identificação, mensuração e gerenciamento das ameaças e oportunidades pode ser rotulado como um sistema de controle interno. Não é dos dias atuais a preocupação reinante nos meios econômicos e corporativos com a figura dos processos de controle.

No ambiente norte-americano, principal gerador de tecnologia no meio econômico empreendedor, já em 1947, o *American Institute of Certified Public Accountants* – AICPA, entidade que agrega os auditores independentes naquela nação, alertava para alguns fatores que justificam a importância de desenvolver e praticar controles internos saudáveis nas entidades.

Na publicação denominada *Internal Control*, o AICPA, lembram Taylor e Glezen (1997), expressava seu entendimento de que as entidades com fins lucrativos (aqui ele especificava essa situação) haviam, já à época, se tornado complexas a ponto de requerer que os gestores se municiassem de diversos relatórios e trabalhos de análises para poder controlar as operações com eficácia. Esse citado documento enfatizava, ainda, que as falhas humanas e, conseqüentemente, os erros e irregularidades cometidos ao longo do desenvolvimento de algumas tarefas poderiam ser minimizados com a adoção de processo de conferências e revisões.

Independentemente de toda atenção dada pelos administradores de empreendimentos a esses e outros aspectos de controles internos voltados para a eficácia da gestão corporativa, esses profissionais foram obrigados a preocupar-se com a postura do governo reprimindo fraudes e atos lesivos aos investidores das bolsas de valores norte-americanas, que culminou na edição, em 1977, da Lei de Práticas Anti-Corrupção no Exterior (*Foreign Corrupt Practices Act – FCPA*, no idioma original). Esse dispositivo legal, explicam Rittenberg e Schwieger (1994), tornou compulsório o atendimento por parte dos administradores, sob pena de multas e prisões, a determinadas exigências de caráter contábil e práticas de combate à corrupção, dentre elas a manutenção de controles internos adequados e satisfatórios, no âmbito das entidades listadas em bolsa de valores e sob a égide da Lei de Negociação de Títulos, promulgada em 1934 (*Securities Exchange Act of 1934*, originalmente).

Em 1987, reforçando o entendimento da importância dos controles internos na vida corporativa norte-americana, a Comissão Nacional sobre Elaboração e

Apresentação de Relatórios Financeiros (tradução livre de *National Commission on Fraudulent Financial Reporting*), denominada simplesmente *Treadway Commission*, divulgava em seu relatório conclusivo, conforme relatado por Boynton, Johnson e Kell (2002:320):

- a. A “mensagem” sobre controles internos que a administração passa para o restante da entidade desempenha papel fundamental na prevenção de fraudes financeiras, pois influencia o ambiente corporativo no qual os relatórios financeiros são preparados.
- b. Todas as companhias abertas deveriam manter controles internos que proporcionassem segurança razoável de que a produção de relatórios financeiros fraudulentos seria impedida ou detectada em estágios iniciais.
- c. As organizações que patrocinaram a Comissão (inclusive o Auditing Standards Board) deveriam cooperar no desenvolvimento de diretrizes adicionais sobre sistemas de controles internos.

Passados cerca de cinco anos, em 1992, um comitê formado pelo *American Institute of Certified Public Accountants – AICPA*, o *American Accounting Association – AAA*, o *Institute of Internal Auditors – IIA* e o *Financial Executives Institute – FEI*, denominado *Committee of Sponsoring Organizations of Treadway Commission - COSO*, ou, em tradução livre, o Comitê de Organizações Patrocinadoras da Comissão Treadway, emitiu um extenso relatório denominado, *Internal Control – Integrated Framework*, com o objetivo precípua de disponibilizar para os gestores das corporações, segundo seu texto introdutório no Sumário Executivo (traduzido livremente) “... um padrão para o qual empresas e outras entidades possam avaliar seus sistemas de controles e determinar como poderiam aperfeiçoar tais controles”.

Atualmente, entendendo que, embora haja uma grande diversidade de informações e publicações literárias sobre o gerenciamento de riscos empresariais, não existem terminologias comuns e que, por outro lado, poucos são os princípios largamente aceitos que podem ser utilizados como parâmetros pelos administradores para

desenvolver e efetivar uma arquitetura de gerenciamento de risco, o já citado COSO concluiu um projeto para desenvolver uma estrutura conceitual que possa prover aos gestores: princípios integrados de controles internos, terminologias comuns e guias para implementação prática que suporte programas para desenvolver ou comparar seus processos de gerenciamento de riscos empresariais.

Tendo como consultoria técnica a PriceWaterhouseCoopers, uma das principais empresas mundiais de auditoria independente, esse comitê emitiu e disponibilizou, inicialmente, uma minuta, denominada *Enterprise Risk Management Framework*, que foi submetida a debates públicos para recolher críticas e sugestões, no transcorrer de 2003.

Concluído esse processo exploratório de aperfeiçoamento e incorporadas as melhorias julgadas necessárias, o COSO emitiu a versão final denominada de *Enterprise Risk Management – Integrated Framework*, composta de um sumário executivo e dos seus detalhamentos, que incluem os conceitos-chave e definições, tais como a relevância do gerenciamento de risco empresarial e o estabelecimento de uma filosofia voltada para tal tarefa, a visão global da estrutura dos negócios e dos seus processos de controle, explicações detalhadas sobre os componentes de risco, incluindo por exemplo, como curiosa novidade, o “apetite” que os gestores demonstram por incorrer, ou não, em situações de incertezas (denominado de *risk appetite*), as próprias limitações inerentes da estrutura integrada de gerenciamento de riscos e outros.

No ambiente brasileiro, a mais expressiva declaração de importância dos sistemas de controles internos para as entidades foi manifestada pelo Banco Central do Brasil - BACEN, por meio da Resolução nº 2.554, de setembro de 1998, que tornou compulsória a adoção pelas instituições financeiras sob a égide de sua fiscalização, implantarem e manterem controles internos apropriados, sujeitos, inclusive, a processos de auditoria, conduzidas por profissionais ou empresas de auditoria independente, que não as envolvidas com a opinião sobre as demonstrações contábeis.

Subseqüentemente, já em 2004, a Superintendência de Seguros Privados - SUSEP, autarquia responsável pelo controle e fiscalização dos mercados de seguro, previdência privada aberta, capitalização e resseguro, vinculada ao Ministério da Fazenda, também adotou comportamento similar ao do Banco Central do Brasil, instituindo, por meio da Circular nº 249, de fevereiro de 2004, obrigatoriedades similares para as sociedades seguradoras, sociedades de capitalização e entidades abertas de previdência complementar.

2.2 - Importância dos Sistemas de Controles Internos para a Auditoria Contábil

Carvalho⁴ afirma, de forma peremptória que inexistindo controles internos é impossível fazer auditoria das demonstrações contábeis em uma entidade. Essa conclusão radical, consubstanciada na experiência profissional de algumas décadas do Ilustre Professor-Doutor, atuando como auditor independente em empresas multinacionais de auditoria, retrata, de forma cabal e como um exercício mnemônico, tanto para os alunos-ouvintes como para os leitores deste trabalho, a importância dos sistemas de controles internos para o processo de auditoria das demonstrações contábeis.

Expressando-se de maneira formal em sua tese de doutorado, Carvalho (1996:10), depois de afirmar que o estudo do sistema de controle interno é o ponto de partida lógico para a auditoria de demonstrações contábeis, assim conclui:

Parece irrecusável admitir que os auditores são inevitavelmente dependentes da qualidade do sistema de controle interno da entidade auditada, assim como é perceptível o grau de correlação entre a gestão do risco das transações levadas a efeito no mundo empresarial (isto é, o risco assumido pelo tomador de decisões na empresa) e a qualidade dos controles que o previne, corrige e revela.

Já no final da década de 40, o AICPA registrava a importância desse assunto na segunda norma de trabalho de campo, de um conjunto básico de 10 normas⁵, divididas em três categorias (normas gerais, normas de trabalho de campo e normas de relatório) que subsidiam e suportam todo o espetacular cabedal de interpretações

⁴ Anotações de aulas ministradas pelo Prof. L. Nelson Carvalho, na disciplina Auditoria e Perícia, do curso de graduação em Ciências Contábeis da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – 1º Semestre de 2003.

⁵ Denominadas GAAS – *Generally Accepted Auditing Standards*.

e extensões do seu entendimento, freqüentemente disponibilizadas pelo referido instituto norte-americano. Reza a segunda norma, conforme tradução livre de Antunes (1998:45): “Um entendimento suficiente da estrutura de controle interno deve ser obtido para planejar a auditoria e determinar a natureza, oportunidade e extensão dos testes por serem realizados”.

Messier (1999) afirma que os controles que são relevantes para a capacidade (habilidade) de a entidade registrar, processar, sumarizar e relatar dados financeiros consistentes com as afirmações da administração quanto à existência ou ocorrência desses dados, sua integridade, direitos e obrigações, valorização ou alocação e apresentação e divulgação, são aqueles com que o auditor deve se preocupar com maior relevância.

Na concepção desse autor, o auditor necessita assegurar-se sobre a confiabilidade dos dados gerados dentro do sistema de controles internos, em termos de como isso afeta a imparcialidade das demonstrações contábeis e quão bem os ativos e registros da entidade estão salvaguardados.

O entendimento dos controles internos é o principal fator para o auditor independente determinar a sua estratégia de trabalho, conforme afirma Wallace (1991). A *IFAC* corrobora esse entendimento da importância dos controles internos para o processo de auditoria independente quando expressa na Norma Internacional

de Auditoria – NIA – 400 – Avaliações de Risco e Controle Interno⁶ *apud* Instituto Brasileiro de Contadores – IBRACON (1998:82):

2. O auditor deve obter um entendimento dos sistemas contábeis e de controle interno suficiente para planejar a auditoria e desenvolver uma abordagem de auditoria eficaz. O auditor deve usar julgamento profissional para avaliar o risco de auditoria e para projetar procedimentos de auditoria que garantam que esse risco foi reduzido a um nível aceitavelmente baixo.

Essa instituição internacional, também, endossa o ponto de vista de Messier (1999), no sentido de que a preocupação do auditor de demonstrações contábeis, quando entendendo e avaliando os sistemas de controles, deve cingir-se às políticas e procedimentos que forem relevantes para as asserções realizadas pelos administradores nas demonstrações contábeis.

Para a *IFAC*, o entendimento dos aspectos relevantes dos controles, em conexão com as avaliações de risco inerente, permitirá ao profissional: a) identificar os tipos de distorções relevantes que poderiam ocorrer nas demonstrações contábeis; b) considerar os fatores que afetam o risco de distorções relevantes e c) projetar procedimentos de auditoria apropriados.

Como parte dos esforços para recuperar a credibilidade dos investidores e com o escopo de evitar um colapso no mercado de capitais, como consequência dos escândalos contábeis ocorridos em 2001 e 2002 envolvendo empresas como a

⁶ Derivadas e complementando essa norma 400, existem a NIA – 401 – Auditoria em um Ambiente de Sistemas de Informação Computadorizados e a NIA-402 – Considerações de Auditoria sobre Entidades que usam Organizações de Serviços. Essas duas primeiras normas, bem como a NIA - 400 serão revisadas pelo *IAASB* tão logo as normas *ISA – 315 – Understanding the Entity and Its Environment and Assessing the Risks of Material Misstatement* e *ISA - 330 – The Auditor's Procedure in Response to Assessed Risks* (ambas em processo de tradução para o idioma português pelo IBRACON), entrem em vigor, fato previsto para as auditorias de demonstrações contábeis de períodos iniciados após 15 de dezembro de 2004.

Enron e a Worldcom, o Congresso e o governo dos Estados Unidos promulgaram, em julho de 2002, o *Sarbanes-Oxley Act*, que introduz severas regras de governança corporativa, com o intuito de assegurar maior transparência aos resultados das organizações, bem como expandir e disciplinar rigorosas punições contra fraudes empresariais e garantir maior independência aos órgãos de auditoria.

No contexto da importância dos sistemas de controles internos não somente para a auditoria das demonstrações contábeis, mas também na vida cotidiana das entidades, a Seção 404 da referida legislação requer que os administradores de companhias que negociam valores mobiliários no mercado financeiro local incluam nos relatórios anuais, apresentados compulsoriamente à *Securities Exchange Commission* – SEC (organismos correspondente à nossa Comissão de Valores Mobiliários – CVM), um relatório específico da avaliação da efetividade dos seus sistemas de controles internos realizadas por esses gestores responsáveis e devidamente atestadas por auditores independentes. A obrigação inicia-se a partir de 15 de novembro de 2004 para as empresas com valor de mercado acima de US\$ 75 milhões e para outras empresas o prazo será em 15 de abril de 2005.

No âmbito do Brasil, o principal organismo regulamentador da profissão dos contabilistas, na qual a atividade de auditoria independente se insere, o Conselho Federal de Contabilidade - CFC manifesta sua opinião a respeito da importância e da necessidade de avaliação do sistema de controle em um processo de auditoria independente através da Norma Brasileira de Contabilidade – NBC-T-11 – Normas de Auditoria Independente das Demonstrações Contábeis. Nesse instrumento,

procurando detalhar mais as orientações, o Conselho explana que o auditor deve considerar os seguintes itens no seu processo de estudo e avaliação:

- a) o tamanho e complexidade das atividades da entidade;
- b) os sistemas de informação contábil para efeitos tanto internos quanto externos;
- c) as áreas de risco de auditoria;
- d) a natureza da documentação, em face dos sistemas de informatização adotados pela entidade;
- e) o grau de descentralização de decisão adotado pela administração da entidade;
- f) o grau de envolvimento da auditoria interna, se existente.

Os demais organismos brasileiros com poderes legais ou aceitos pelos auditores para regulamentar a atividade não possuem orientações divergentes, ou sequer complementares, já que as normas do Conselho Federal de Contabilidade emanam de um esforço integrado desses organismos (Comissão de Valores Mobiliários - CVM, Banco Central do Brasil - BACEN e Instituto dos Auditores Independentes do Brasil – IBRACON⁷), através de equipes mistas de colaboradores nos estudos, debates e redação final das normas brasileiras de contabilidade e auditoria.

⁷ Até junho de 2001 a denominação era: Instituto Brasileiro de Contadores - IBRACON

2.3 - Pesquisa sobre Métodos de Avaliação de Risco de Controle Utilizados

A pesquisa de campo abrangeu visitas e contatos com representantes legais e funcionários de catorze empresas de auditoria independente que atuam no Brasil, de pequeno, médio e grande porte, para identificação da metodologia de trabalho que elas empregam no processo de mensuração de riscos de controle.

Além das entrevistas realizadas com os sócios e/ou gerentes e supervisores de equipe de trabalho de campo, foram franqueados, em diversos casos, acessos aos manuais de procedimentos internos, utilizados como referência para as equipes de profissionais que realizam seus trabalhos no ambiente do cliente que têm suas demonstrações contábeis auditadas. A condição primordial imposta, ou de antemão oferecida, para tais acessos foi o compromisso de manter os nomes das entidades e dos profissionais sob estrito sigilo, para evitar quaisquer juízos de valor em processos comparativos que possam aflorar dos resultados que serão aqui apresentados.

A pesquisa identificou três tipos de metodologias de trabalho voltados para o objetivo de avaliação de risco inerente e de controles internos, a saber:

- Em algumas empresas de auditoria, principalmente aquelas de pequeno porte, e que lidam com clientes, em geral, de pequeno e médio porte, a metodologia de trabalho de avaliação de risco inerente e de controle é bastante incipiente ou, por vezes, inexistente.

De fato, nessas empresas predomina a abordagem de realizar extensivos testes de avaliação final dos saldos, os denominados testes substantivos, em detrimento dos processos de avaliações dos riscos que a atividade da entidade, a postura e o comportamento dos seus dirigentes e o desenho dos sistemas de controles internos oferecem para as atividades de identificação, mensuração, sumarização, registro e divulgação dos eventos econômicos de tal entidade (os denominados testes de observância).

Essa abordagem estratégica implica, então, na realização de um maior volume, por exemplo, dos procedimentos de acompanhamentos físicos dos inventários de estoques de materiais, cartas de confirmação de saldos e situações, recálculos, confrontação com documentos originais, dentre outros.

Uma outra crítica que pode ser destacada dessa abordagem é que o trabalho do auditor, nessa circunstância, está restrito à fotografia revelada pelas demonstrações contábeis examinadas, que pode não conter todos os atores que estiveram, ou estão, agindo na arena. A potencialidade de geração de informações fraudulentas, omitidas, sub ou superdimensionadas das demonstrações contábeis, por influência de administradores de integridade e postura moral duvidosas, não é objeto de avaliação com esse tipo de abordagem de trabalho. Ou seja, como analisam, basicamente, os resultados e desprezam os meios, correm riscos de omissão de resultados por deficiência de alguns meios.

- Em um grupo que pode ser considerado intermediário entre os pequenos escritórios e as grandes corporações multinacionais, as características elementares das empresas que o compõe são a falta de vinculação com escritórios internacionais e o fato de que são empresas estabelecidas há muitos anos nesse segmento de negócios, muitas vezes comandadas, hoje em dia, pela segunda geração dos fundadores, ou são empresas formadas por profissionais egressos de outras empresas maiores, que nelas ocupavam, geralmente, cargos de supervisão ou gerência.

As informações obtidas nas entrevistas realizadas e as consultas aos manuais de trabalho (quando permitidas) indicaram que a metodologia de avaliação de riscos inerentes e de controles adotada nesses tipos de empresa têm somente um dos componentes: a avaliação de riscos de controles.

Esse fenômeno ocorre, segundo observações empíricas, possivelmente porque essas empresas se servem, substancialmente, de metodologias de trabalho herdadas, ou meramente copiadas, daquelas utilizadas em passado recente pelas grandes empresas multinacionais de auditoria independente, que não contemplavam as mudanças de estratégia e de estrutura de desenvolvimento de trabalho, desenvolvidas sob a influência do documento divulgado pelo *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission* - COSO, denominado *Internal Control – Integrated Framework* e adotadas pelo AICPA e IFAC e divulgadas em seus pronunciamentos SAS-78 – *Consideration of Internal Control in a Financial Statement Audit: An Amendment to SAS nº 55* e ISA-400 – *Risk Assessments and Internal*

Control, respectivamente, e outros normativos que os complementam, emitidos por tais organismos.

O método de trabalho em foco enfatiza a avaliação de risco de controle, com a abordagem limitada e centrada nos sistemas de controles internos da empresa auditada, não considerando com a necessária ênfase as avaliações dos riscos inerentes da atividade da entidade e da postura dos administradores.

Nesse tipo de metodologia, a forma de desenvolvimento dos trabalhos considera, em primeiro lugar, a necessidade de entendimento do funcionamento normal dos negócios da entidade auditada para, em seguida, focalizar os esforços para entender e testar a eficácia do funcionamento dos sistemas de controles na geração das informações de natureza econômica e financeira, que serão traduzidas em termos contábeis e divulgadas nas demonstrações padronizadas pela legislação societária, pelas regras fiscais ou normas gerenciais dos administradores da entidade.

Com a aplicação desse tipo de metodologia de trabalho, as empresas mesclam o uso de testes substantivos com os testes de aderência dos controles. Portanto, não concentram seus esforços em analisar e testar somente os saldos finais de balanços, como na metodologia descrita no item anterior, mas, também, na aplicação de esforços de entendimento e testes do funcionamento dos sistemas de controles internos da entidade. Há, assim, uma nítida redução dos exames documentais e das práticas de auditoria, por

exemplo, de acompanhamento dos inventários físicos de estoques de produtos, materiais e mercadorias somente no encerramento do exercício social, das grandes quantidades de itens selecionados para confirmação formal pelos devedores, credores, advogados e seguradoras de valores.

Contrapondo-se a essa redução de exames ditos substantivos, aumentam-se os esforços para testar os controles internos e obter evidências quanto ao grau de eficácia com que eles geram informações contábeis confiáveis e oportunas, que serão objeto das asserções registradas pelos administradores no balanço patrimonial, nas demonstrações dos resultados do exercício, das mutações patrimoniais e das origens e aplicações de recursos, bem como nas notas explicativas a essas demonstrações contábeis e eventuais outros tipos de demonstrações oferecidas aos acionistas ou quotistas.

- No terceiro e último grupo, enquadram-se aquelas empresas brasileiras de auditoria que utilizam o *know how* das empresas que lhes confiam os nomes, as *grifes*, quais sejam, os escritórios de contabilidade e auditoria que atuam no mundo inteiro, conhecidas popularmente como *big four*, pelo menos até ao tempo em que esta tese foi concluída⁸, ou que associam seu nome aos das redes de representação de escritórios de atuação também mundial, mas posicionadas em um segundo nível de grandeza de faturamento e importância da carteira de clientes.

⁸ Ao longo dos últimos anos, as principais empresas de auditoria independente, de atuação mundial, promoveram movimentos de fusões que provocaram as alterações dos apelidos de *big eight* para *big six*, *big five* e, no momento, *big four*. As quatro maiores empresas são, em ordem alfabética: Deloitte Touche Tohmatsu, Ernst & Young, KPMG International e PricewaterhouseCoopers. A possibilidade destas empresas em breve se transformarem em *big three* não pode ser descartada, pelo histórico dos últimos tempos.

Na verdade, em um primeiro plano, se assim se puder classificar, são as quatro empresas mundiais que envidam os maiores esforços de pesquisas de novas tecnologias em processos de auditoria, através, por exemplo, de centros de pesquisas, tais como o *Ernst & Young Center for Auditing Research and Advanced Technology – E&Y CARAT* e, por conseguinte, disseminam as metodologias de trabalho que serão aplicadas por suas firmas representantes nos cinco continentes.

Em seguida vêm as empresas líderes das comentadas redes mundiais de serviços, que desenvolvem tecnologias de trabalho de forma independente, mas que muito se assemelham às desenvolvidas pelas citadas *big four*.

A pesquisa, realizada nos primeiros meses de 2004, indicou que essas grandes corporações mundiais, tais como as denominadas *big four* e suas congêneres de segundo escalão, seguem de perto as orientações dos organismos regulamentadores internacionais (*AICPA, IFAC, SEC* etc), até porque os membros dessas entidades, em diversos casos, são oriundos ou militantes das grandes corporações de serviços de contabilidade e auditoria e são eles que influenciam e trazem para o bojo da decisão desses organismos a sua experiência profissional e os estudos resultantes das modificações necessárias no tratamento de questões complexas e da forma de atuação dos profissionais da área⁹.

⁹ O autor participou ativamente, durante 4 anos, da Diretoria do Instituto dos Auditores Independentes do Brasil – IBRACON, e observou, com base nessa experiência, que as normas emanadas de auditoria e contabilidade, tanto no Brasil, como no exterior, têm uma significativa participação dos experientes profissionais militantes na atividade de auditoria independente, principalmente daqueles

Em decorrência, é natural que as metodologias de trabalho desses tipos de empresas contemplem a avaliação dos riscos inerentes, dos riscos de controle e dos riscos de detecção, que formam, conforme os pronunciamentos *SAS-47 (AU-312)* do *AICPA* e *ISA-400* da *IFAC*, o denominado Risco de Auditoria.

A pesquisa revelou, entretanto, algumas disparidades entre as metodologias das empresas e delas para os termos preconizados pelas normas dos citados organismos reguladores ou normalizadores. A mais contundente disparidade diz respeito à abordagem metodológica que enfatiza a avaliação de um componente do risco de controle — o ambiente de controle — e despreza esforços necessários para a avaliação do risco de detecção. Na verdade, a ênfase na avaliação de um componente do sistema de controle está calcada na própria significância que o *AICPA* dá a esse citado componente, quando assim o define, conforme Boynton, Johnson e Kell (2002:326):

O ambiente de controle “dá o tom” de uma organização, influenciando a consciência de controle das pessoas que nela trabalham. É a fundação para os demais componentes de controles internos, fornecendo disciplina e estrutura. (AU 319.25; *AICPA*).

Também a *IFAC* manifesta seu entendimento da elevada importância do ambiente de controle e melhor explicando tal relevância, manifestou-se, da seguinte forma, na sua norma *NIA – 400 – Avaliações de Risco e Controle Interno*, *apud* Instituto Brasileiro de Contadores – *IBRACON* (1998:82):

que se encontram à frente dos projetos atendidos pelos escritórios de contabilidade e auditoria que representam as grifes internacionais das *big four* ou das redes mundiais de escritórios.

"O ambiente de controle" que significa a atitude, consciência e ações globais dos diretores e da administração com relação ao sistema de controle interno e sua importância para a entidade. O ambiente de controle tem um efeito sobre a eficácia dos procedimentos de controles específicos. Um ambiente de controle forte, por exemplo, com controles orçamentários estritos e uma função de auditoria interna eficaz, pode complementar significativamente os procedimentos de controle específicos. Todavia, um ambiente forte, por si só, não garante a eficácia do sistema de controle interno.

A maioria das empresas de auditoria desse terceiro bloco da amostra segue esse fio de Ariadne, de avaliar fortemente o ambiente de controle e os riscos inerentes, e com menos ênfase alguns componentes do risco de controle, tais como a avaliação de risco, a informação e a comunicação e o monitoramento.

O argumento que ampara a discriminação comentada, conforme depoimentos pessoais dos sócios e gerentes das empresas de auditoria que assim procedem, é que os demais componentes do risco de controle são, em resumo, itens subsidiários e refletem, significativamente, o resultado das constatações obtidas das avaliações dos riscos do ambiente de controle e os inerentes às atividades da entidade auditada.

A força desse argumento, de fato, está consubstanciada no fato de que o ambiente de controle, de acordo com os ensinamentos de Messier (1999), irradia todas as construções das políticas de condutas pessoais, das regras de operacionalização dos procedimentos de controles, do formato e da oportunidade e exatidão dos processos de divulgação dos eventos que amparam, ou são frutos, de decisões, bem como dos procedimentos de monitoramento e supervisão da execução das tarefas, em cumprimento do

cabedal de normas, regulamentos e *modus operandi* desenhados pelos sistemas de controles internos.

Fato curioso e relevante, para ser observado, é que as metodologias de trabalho identificadas das empresas de auditoria enquadradas nesse terceiro bloco desconsideram por completo a avaliação de risco de detecção, ou seja, a possibilidade de o auditor falhar nas suas avaliações, conforme preconizado e definido, por exemplo, na NIA – 400 *apud* IBRACON (1998:82)

”Risco de detecção” é o risco de que os procedimentos de comprovação de um auditor não detectem uma distorção existente no saldo de uma conta ou classe de transações que possa ser relevante, individualmente ou quando considerada em conjunto com distorções em outros saldos ou classes.

O que pode justificar esse menosprezo, na realidade, é o fato de que o risco de falha do auditor já está contido nas avaliações do risco de materialidade, realizadas tanto previamente, antes da contratação dos serviços de auditoria, como ao longo da execução das diversas etapas dos trabalhos de coleta de evidências e julgamento.

Assim, por exemplo, se a metodologia de uma dessas empresas determina que o risco máximo de erros materiais que se pode correr em determinado exame de demonstrações contábeis é de 5% do ativo total¹⁰, esse é, por conclusão, o percentual de risco de detecção que o auditor-avaliador de riscos consideraria na função preconizada pelo AICPA na norma SAS 39 –

¹⁰ Parâmetro parcial de julgamento e fornecido meramente como exemplo, já que não é objetivo desta pesquisa discutir um assunto tão complexo quanto o estabelecimento de níveis de materialidade para as considerações no julgamento do auditor independente de demonstrações contábeis.

Audit Sampling (AU 350.48), assim expressa: $RD = RA / (RI \times RC \times PA)$, em que o Risco de Detecção é o elemento RD da função.

As ferramentas de avaliação do risco de controle, para os dois últimos blocos de empresas de auditoria pesquisadas, e de avaliação de risco inerente e de controle para o último bloco, especificamente, são divergentes no formato, mas substancialmente iguais na essência.

A metodologia de trabalho adotada nas empresas de auditoria enquadradas nos dois últimos blocos se consubstancia na descrição do entendimento dos sistemas de controles internos da entidade auditada, que, normalmente, decorre de processos de entrevistas com os principais responsáveis pelos ciclos operacionais, tais como: vendas, compras, recursos humanos etc.

Os entendimentos obtidos são, então, evidenciados em forma narrativa, retratando a seqüência dos processos de controle executados em cada um desses ciclos operacionais. Uma variável desse procedimento é a substituição da forma narrativa, descritiva em palavras, pela forma de símbolos e palavras, expressos em fluxogramas dos processos adotados em cada área.

Qualquer que seja a forma de retratar o entendimento dos controles internos, a essência é somente uma: fornecer subsídios para o procedimento seqüencial de avaliação das fragilidades, omissões, inconsistências, redundâncias e, também, dos pontos fortes ou pontos compensatórios das incongruências observadas.

Esse processo de avaliação do sistema de controle interno, objeto principal desta tese, nesses tipos de empresas é realizado com o auxílio de guias, *check lists*, em que são relacionadas diversas questões pertinentes aos atributos mínimos que os controles de uma determinada área ou atividade deveriam conter, tais como: segregação de funções, atribuição de responsabilidades, delegação de autoridade com estabelecimento de limites de alçadas, processos de conferências independentes e oportunos etc.

Dependendo da resposta que se obtém a esses quesitos e com base no conhecimento do funcionamento dos controles decorrentes da leitura das narrativas ou dos fluxogramas, o auditor julga se determinado ciclo, área ou atividade apresenta níveis aceitáveis, ou não, de riscos para as asserções contidas nas demonstrações contábeis da entidade auditada quanto à existência ou ocorrência, integridade, propriedade, avaliação e apresentação e divulgação dos ativos, passivos, receitas, custos e despesas.

Caso as análises críticas do auditor sobre essas ferramentas de captação e registro de evidências indicarem que os controles, no todo ou em partes, não cumprem adequadamente seus objetivos e, portanto, não geram informações contábeis confiáveis e adequadas, tal conclusão implicará na concentração do seu trabalho nos chamados *testes substantivos* e *procedimentos de comprovação*, para compensar a fragilidade dos controles para assegurar a veracidade dos saldos ou transações contábeis auditadas.

Em resumo, a pesquisa de campo nesses perfis de empresas de auditoria independente, do segundo e terceiro blocos aqui identificados, indicou que as ferramentas de avaliação dos controles internos consistem de memorandos descritivos do funcionamento dos processos e, em alguns casos, com campos para o registro do julgamento do auditor quanto ao risco que tais controles oferecem, ou fluxogramas, e de questionários com perguntas que devem ser respondidas de forma positiva ou negativa. Na maioria dos questionários verificados, há um campo específico para ser preenchido no caso de resposta negativa ou não aplicável, que deverá registrar eventuais explicações que agravem ou amenizem o problema identificado, ou para a justificativa cabível da não aplicabilidade do quesito.

Outro fato importante observado é que esse tipo de avaliação não conta com o auxílio de ferramentas estatísticas, exceto pelo uso de técnicas de determinação de tamanhos de amostras e seleção randômica para aplicação dos denominados testes de observância.

A substancial diferença de metodologias de trabalho entre os dois blocos das empresas pesquisadas é a inserção da preocupação com os riscos inerentes do negócio e com os riscos do ambiente de controle.

Nas grandes empresas multinacionais de auditoria, ou naquelas que utilizam métodos de trabalho de empresas internacionais do segundo escalão, a ênfase é dada nesses dois tipos de riscos. Para tanto, os modelos de avaliações de riscos consistem de perguntas, tal como dos grupos de empresas anteriores que devem ser respondidos de forma positiva ou negativa.

Cabe, aqui, o registro de que, em uma das empresas pesquisadas, esse tipo de questionário resulta em um determinado número de pontos, que definirá se o risco inerente e/ou o risco do ambiente de controle é baixo, neutro ou alto. Esse sistema de pontuação decorre da atribuição de pesos a respostas positivas de um questionário com cerca de 30 perguntas, mapeando os riscos das duas naturezas citadas. Todavia, o critério de estabelecimento dos pesos para as perguntas não é explicitado nos manuais que orientam a aplicação da metodologia de trabalho.

Outra empresa pesquisada atuava, em passado recente, com metodologia de trabalho semelhante para avaliação dos riscos inerentes e de controle, mas resolveu modificar tal sistemática, uma vez que, segundo um dos seus sócios, a ponderação resultante não era mais eficaz do que a aplicação de julgamento sobre respostas formuladas com a lógica binária, positiva ou negativa.

O processo de entendimento do funcionamento dos sistemas de controles internos não difere significativamente entre as empresas de auditoria, tanto do segundo quanto do terceiro bloco. Algumas adotam fluxogramas como elemento de evidências do funcionamento dos processos de controles e outras utilizam memorandos descritivos. No caso de utilização de fluxogramas, algumas empresas operam com o auxílio de *softwares* específicos para modelagem de sistemas, o que facilita e torna o trabalho dos auditores mais eficaz e de melhor apresentação e compreensão.

Um outro elemento diferencial das empresas multinacionais de auditoria para as nacionais e pequenas e médias é a utilização de extensa referência de outros clientes do mesmo segmento de negócios da empresa contratante, podendo se valer de parâmetros como as melhores práticas do setor, indicadores de desempenho e de gestão, análises de riscos de fraudes etc.

Também faz significativa diferença para a qualidade final dos trabalhos de avaliação, a possibilidade desse tipo de corporação poder contar com profissionais altamente qualificados, trabalhando no apoio a questões de tecnologia de informação, tributárias, previdenciárias e outras, bem como a capacidade de, em razão do grande número de profissionais no *staff*, formar equipes de trabalhos especialistas em segmentos de negócio, tais como: bancário, industrial, varejo etc.

Em que pese todo o aparato de informações e recursos tecnológicos disponíveis para as empresas multinacionais de grande porte e para aquelas de médio e grande porte vinculadas às redes internacionais de escritórios de contabilidade e auditoria, ficou patente nas entrevistas com seus sócios e gerentes, que o elemento fundamental que sustenta o processo de avaliação de riscos inerentes e de ambiente de controle é o julgamento pessoal dos principais elementos da equipe de trabalho designada, decorrente de sua experiência profissional e treinamentos e orientações assimilados, sem amparo em qualquer modelo estatístico ou matemático, que possa prover elementos racionais para neutralizar viés ou erros de interpretações, exceto pelo uso de técnicas científicas de determinação de tamanhos de amostras e seleção randômica. O Quadro 1 a seguir apresenta um resumo dos resultados das entrevistas realizadas:

Quantidades e Tipos de Empresas de Auditoria Contempladas	Algumas Características das Entidades Auditadas	Metodologia de Trabalho de Avaliação de Riscos e outros aspectos
Quatro empresas de pequeno porte.	Pequenas e de médio porte.	Avaliação de risco inerente e de controle incipiente ou inexistente.
	Controle societário nacional.	Realização de extensivos testes substantivos nos saldos das contas contábeis.
Cinco empresas de médio porte, sem representação internacional.	Pequenas e de médio porte.	Avaliação de risco de controle através de memorandos descritivos e questionários de avaliação com respostas “sim” ou “não”.
	Maioria de controle societário nacional.	Metodologias de trabalho herdadas das <i>big four</i> ou outras de grande porte.
		Volumes razoáveis de aplicação de testes substantivos e testes de controle.
Cinco empresas de médio e grande porte (duas <i>big four</i> e três vinculadas às redes internacionais de escritórios autônomos).	Médio e grande porte.	Avaliação de riscos (inerente, de controle e de detecção), através de memorandos descritivos e ou fluxogramas, e ou questionários de avaliação para respostas positivas e negativas, ou para descrever avaliação do risco específico.
	Companhias abertas e fechadas, de controle societário multinacional e nacional.	Ênfase nos riscos inerentes e de ambiente de controle.
		Uso de técnicas de comparação das melhores práticas de controles e de informações do setor de atividade da entidade auditada.
		Utilização de pessoal especializado no segmento de negócios, em tecnologia da informação etc.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 1 – Resumo da Pesquisa sobre Métodos de Avaliações de Risco de Controle Utilizados

2.4 - Incerteza dos Elementos de Mensuração de Riscos

A incerteza permeia todo o processo de auditoria de demonstrações contábeis, uma vez que grande parcela desse processo é realizada através de julgamentos, de análises do auditor, efetivados com base em informações que refletem o caráter apreciativo, a visão do executor da tarefa. Evidentemente, muitas informações obtidas pelo auditor têm caráter preciso, não estão sujeitas a interpretações dúbias. Todavia, é representativo o estado incerto, não preciso, de relevantes processos na construção dos julgamentos dos auditores independentes de demonstrações contábeis.

De forma complementar, Korvin et al. (1998) afirmam que a incerteza acompanha todos os processos de investigações e, por conseguinte, aparecerá nas conclusões e opiniões que se obtenham dos investigados, o que implica na necessidade de administrar tais incertezas.

A incerteza da informação por ser auditada pode ser de diferentes tipos, conforme afirmações de Friedlob e Shleifer (1999) e de Klir (1995):

- *Nebulosa*: A linguagem natural utilizada pelas pessoas para descrição de algo, freqüentemente é vaga, incerta ou imprecisa. Como exemplos de incertezas provocadas por informações nebulosas, os autores citam alguns eventos contábeis, tais como: pagamentos de compras a prazo (por não especificar o período de tempo); recebimentos de aproximadamente 95% de todas as contas a receber etc.

A classificação como um tipo “nebuloso” de incerteza, nos exemplos citados anteriormente, é porque o conceito nebuloso é freqüentemente associado a conjuntos de coisas que não têm bordas claramente definidas. Assim, poderiam ser exemplos de conjuntos nebulosos na área contábil, ainda, os grandes valores recebíveis, todas as pequenas compras ou todos os equipamentos ineficientes, a depreciação de bens do ativo imobilizado.

Em contraste, informações precisas utilizariam os denominados conjuntos *crisp*, aqueles com elementos e fronteiras claramente definidas, nítidas, como, por exemplo, o conjunto de duplicatas a receber de valores superiores a R\$ 5.000 ou as ordens de compras de montantes superior a R\$ 1.000 ou, ainda, os equipamentos que apresentem perdas acima de 5% do volume total produzido.

- *Ambígua*: As informações podem ter o caráter de ambíguas em decorrência, ainda segundo os autores citados, de discórdia, de conflito no conteúdo da informação, ou por falta de especificação clara. No primeiro caso, pode-se ter, como exemplo, uma situação de recebíveis em que o informante acredita que tenha 90% de chance de ser realizado. A ambigüidade ocorre porque é possível entender, de outra forma, que há 10% de chance de não recebimento. No segundo caso, a informação é ambígua porque uma determinada situação possui diversas alternativas, mas a informação é carente e não consegue distinguir e especificar tais opções.

No processo de avaliação do risco que correm de opinar incorretamente, os auditores utilizam modelos assentados na teoria da probabilidade. Essa teoria, segundo Klir (1991), pode modelar somente situações em que há crenças conflitantes sobre alternativas mutuamente excludentes, como, por exemplo, 90% de chance de realização dos recebíveis e 10% de chance de não recebimento. Quando ocorrer situações de incerteza, por informações nebulosas ou ambíguas, a teoria da probabilidade não é um ferramental capaz de resolver tal problema e, conseqüentemente, fornecer subsídios adequados para o processo de avaliação de risco de auditoria.

Algumas pesquisas, conduzidas por autores como Bates e Condori, apud Korvin (1998), confirmam que a incerteza está presente no processo de auditoria, uma vez que a informação coletada pelos auditores junto aos profissionais da entidade auditada é do tipo qualitativa, em especial opiniões dos usuários pertinentes ao funcionamento dos sistemas de controles internos. As pesquisas referidas apontam conclusivamente que a existência de incerteza incrementa o nível de risco da auditoria, visto que esses conceitos abstratos estão intimamente ligados.

A incerteza é, portanto, um aspecto relevante nos trabalhos de avaliação de riscos de auditoria e em todas as demais tarefas subjacentes realizadas, do início ao término do processo como um todo, já que afeta de forma direta o julgamento do auditor, que se baseia no conjunto de evidências coletadas, e este, por sua vez, é um produto decorrente das diversas informações obtidas por meio de observações, entrevistas e investigações realizadas junto aos profissionais da entidade contratante dos seus serviços profissionais.

3- MÉTODOS QUANTITATIVOS PARA TRATAR INCERTEZAS

*“Sem números, não há vantagens nem probabilidades;
sem vantagens e probabilidades, o único meio de lidar
com o risco é apelar para os deuses e o destino.
Sem números, o risco é uma questão de pura coragem.”*
Peter L. Bernstein

3.1 – Aspectos Introdutórios

A imprecisão e a incerteza são os dois aspectos mais importantes que contribuem para a imperfeição de uma informação. Como afirma Sandri (1999), essas duas características são, intrinsecamente, ligadas e opostas entre si, qual seja: quanto mais a incerteza aumenta, mais a imprecisão diminui e vice-versa.

De fato, se a segurança de uma informação está contida em um intervalo — por exemplo, a margem de contribuição do produto está entre 20% e 26% — e for requerida uma informação mais precisa, o argüido poderá afirmar que a margem de contribuição é de 23%, com uma probabilidade diferente de 1, aumentando, assim, a incerteza. Por outro lado, o respondente poderia fornecer uma informação de caráter vago, tal como: a margem de contribuição é de cerca de 23%.

Para tratar incertezas, existem algumas ferramentas no campo da ciência exata. Sriram e Wheeler *apud* Siegel *et al* (1995) apontam, como exemplos, a Probabilidade Bayesiana, as Redes de Crenças, a Teoria da Possibilidade de Lofti Zadeh e os Fatores de Certeza.

Srivastava e Lu (1999) desenvolveram estudos para a aplicação da “função crença” emanada da Teoria da Evidência de Dempster-Shafer, visando suportar o processo de coleta de evidências nos processos de auditoria.

Todavia, as mais apontadas na revisão da literatura deste trabalho são a teoria da probabilidade e a teoria dos conjuntos.

A teoria da probabilidade é a base de sustentação de diversos modelos de avaliação de riscos, dentre eles o risco de auditoria e seus principais componentes: risco de controle e risco inerente.

Bussab (2002) comenta que a probabilidade é uma medida de certeza ou incerteza. Quando se utiliza o termo “probabilidade”, indica-se que existe um elemento de incerteza, quanto ao acontecimento futuro, ou não, de um evento. Embora, em muitos casos, seja impossível afirmar antecipadamente que um evento *ocorrerá*, pode-se afirmar o que *pode ocorrer*.

A seguir, será feita explanação a respeito dos principais elementos e da finalidade da teoria da probabilidade, com o mero intuito de reavivar a memória e, com isso, acredita-se poder auxiliar na compreensão do contexto em que este trabalho está sendo desenvolvido.

3.2 – Teoria da Probabilidade

Há três formas diferentes de atribuir valores numéricos às probabilidades, conforme ensina Andrade (2000):

- *Probabilidade Lógica*: É a forma baseada na lógica de ocorrência dos eventos, que pode produzir resultados igualmente prováveis. Os exemplos mais citados pelos autores das obras visitadas, que também denominam essa forma de *Método Clássico*, são os jogos de dados e lançamentos de moedas: cara ou coroa.
- *Probabilidade Experimental*: Também denominada por alguns autores como *Método Empírico*, nessa forma os valores numéricos são atribuídos às probabilidades em razão da frequência relativa de ocorrência de um determinado evento observado em um experimento. Quanto maior o espaço amostral, o experimento, melhor será a estimativa da frequência relativa, ou seja, da probabilidade.

Stevenson (1981:66) alerta que, ao ser adotado esse método, faz-se mister atentar para o fato de que “a probabilidade só é válida para um conjunto de conclusões idênticas àquelas sob as quais se originaram os dados”. Essa observação é importante porque no campo da auditoria, da administração de negócios, de um modo geral, não é possível controlar todos os fatores relevantes, como se faz na maioria das aplicações do método no campo das ciências físicas, como afirma o autor citado. Em decorrência dessa falta de controle, as probabilidades observadas no

campo das ciências sociais devem ser consideradas como aproximações com menor precisão do que aquelas obtidas em atividade com maior controle das condições reinantes.

- *Probabilidade Subjetiva*: Em contraposição às formas anteriores, cujas probabilidades são extraídas da observação dos fatos, esse modo de atribuição é utilizado quando não se dispõe de dados históricos ou nem os resultados possíveis são igualmente prováveis. Assim, essa forma de proceder, também conhecida como *Método Subjetivo*, se baseia na avaliação pessoal, feita de maneira subjetiva, com relação à realização de um evento. Expressam, portanto, o grau de certeza ou incerteza, a crença, da pessoa que está atribuindo as probabilidades de ocorrência do evento.

Esse método, de acordo novamente com Stevenson (1981), é utilizado freqüentemente por administradores, advogados e médicos, com razoável êxito, todavia, apresenta dois aspectos negativos: a) como são estimativas subjetivas, em geral são difíceis de serem defendidas quando questionadas e b) os resultados das atribuições de probabilidades podem ser enviesados por noções preconcebidas sobre o que deveria ocorrer ou pelo desejo inconsciente da ocorrência do evento. Nesse último caso, as atenuantes são a capacitação, a experiência e a atitude do profissional, que podem minimizar esse viés.

Os auditores independentes, como militantes das ciências sociais e congêneres dos administradores e advogados, também se utilizam

fartamente desse método subjetivo de atribuir probabilidades de ocorrência de eventos, particularmente quando avaliam os riscos inerentes e de controles.

A experiência profissional é o principal atributo para estimular os julgamentos de probabilidade de ocorrência de eventos que nortearão as decisões de avaliações dos auditores independentes, por exemplo, a respeito de provisões constituídas pelas empresas auditadas para fazer face a contingências passivas, de créditos não realizáveis, dentre outras.

O teorema da probabilidade diz que a probabilidade de um evento A ocorrer é dada por um número variável entre 0 e 1,00, ou seja, esse número indica a chance de ocorrência. A notação utilizada é $P(A)$. Portanto, quanto mais próximo $P(A)$ estiver de 1,00, maior será a probabilidade de ocorrência do evento, enquanto que no sentido inverso, $P(A)$ mais próximo de 0, menor será a chance do acontecimento. Nos extremos, a probabilidade de ocorrência do evento é certa $P(A) = 1,00$ ou impossível de acontecer $P(A) = 0$.

Os cálculos de probabilidade têm como base o conceito matemático de conjunto e tomam emprestados alguns elementos da Teoria dos Conjuntos, tais como o complemento, a união, a intersecção etc. Assim, diz-se que: *a) o complemento* de um evento são todos os resultados não contemplados no experimento, no espaço amostral; *b) se não possuem elementos comuns, os eventos são mutuamente excludentes* e: *c) se nenhum outro resultado é possível para um experimento, os eventos são caracterizados como coletivamente exaustivos*.

Avançando nas propriedades matemáticas, pode-se ter necessidade de determinar probabilidades da ocorrência de dois eventos, conjuntamente ou de forma independente. A notação matemática, nesses casos, seria $P(A \text{ e } B)$ e $P(A \text{ ou } B)$, respectivamente.

Para calcular a probabilidade *conjunta* faz-se necessário distinguir se os eventos são dependentes ou independentes. Se a ocorrência de um evento determina a ocorrência de outro, ambos serão dependentes e, no sentido inverso, serão considerados independentes.

A formulação matemática básica para o cálculo da probabilidade conjunta, no caso de eventos dependentes ou independentes é a multiplicação de um pelo outro, cujo produto será, então, a probabilidade. A probabilidade conjunta, também, é enunciada como o produto de duas probabilidades marginais.

A distinção será no caso de os eventos serem independentes, quando, para formar tal cálculo, será necessário considerar a probabilidade *condicional* de um dos eventos.¹¹ Dessa forma, no caso de eventos independentes, tem-se a seguinte notação:

$$P(A \text{ e } B) = P(A)P(B)$$

¹¹ Probabilidade condicional é aquela que depende do resultado do primeiro evento. Portanto, está condicionada ao que ocorre com o primeiro evento.

No caso de eventos dependentes, o cálculo far-se-á com a consideração da probabilidade condicional de um deles e, portanto, a expressão será:

$$P(A \text{ e } B) = P(A)P(B|A) \text{ ou } P(A \text{ e } B) = P(B)P(A|B)$$

Na determinação da probabilidade de ocorrência de pelo menos um de dois eventos possíveis, o cálculo depende de serem mutuamente excludentes, ou não. Na primeira circunstância, a probabilidade de ocorrência é calculada com a soma das probabilidades de cada evento, assim expressa:

$$P(A \text{ ou } B) = P(A) + P(B).$$

Na segunda situação, um ou outro evento pode ocorrer, já que não se excluem mutuamente. A probabilidade de ocorrer A ou B , ou até mesmo ambos, será igual à soma das probabilidades de ocorrência de A e B , diminuída da probabilidade de ocorrência de ambos. Assim, ter-se-ia a expressão:

$$P(A \text{ ou } B \text{ ou ambos}) = P(A) + P(B) - P(A \text{ e } B)$$

ou

$$P(A \text{ ou } B \text{ ou ambos}) = P(A) + P(B) - P(A)P(B)$$

3.3 - Teorema de Bayes

O teorema desenvolvido pelo pastor Thomas Bayes, como ferramenta estatística, segundo Corrar e Theóphilo (2004:307) “é utilizada para revisar as estimativas probabilísticas feitas inicialmente com base em dados amostrais (denominadas “probabilidades a priori”), da qual decorrem as denominadas “probabilidades a posteriori””.

O teorema é, assim, expresso:

$$P(A/B) = \frac{P(A) * P(B|A)}{P(B|A) * P(A) + P(B|\hat{A}) * P(\hat{A})}$$

Em que:

$P(A|B)$ = Probabilidade de ocorrência do evento A , condicionada pela ocorrência do evento B ;

$P(A)$ = Probabilidade de ocorrência do evento A ;

$P(B|A)$ = Probabilidade de ocorrer o evento B , condicionada pela ocorrência do evento A ;

$P(B)$ = Probabilidade de ocorrência do evento B ;

$\hat{A}$ = Complemento do evento A .

O Teorema de Bayes é utilizado largamente no processo de decisões empresariais, para reavaliar as estimativas das probabilidades preliminares, após a apuração de resultados de amostras ou experimentos realizados.

A revisão das quantidades de unidades estimadas por serem vendidas, feitas por gestores de *marketing*, por exemplo, são mais defensáveis tecnicamente com o emprego dos elementos dessa teoria. No caso dos auditores independentes, a avaliação de riscos feita no planejamento dos trabalhos, ou no processo de decisão sobre a aceitação, ou não do cliente, pode utilizar o teorema de Bayes para confirmação das expectativas do resultado no transcorrer dos trabalhos de aplicação dos testes de auditoria.

A teoria de probabilidades, na qual, como visto, a probabilidade de um evento determina completamente a probabilidade de um evento contrário, é mais adequada para tratar eventos de freqüência em série do que informações fornecidas por seres humanos, sujeitos a viés, ambigüidades, imprecisões etc.

3.4 – Teoria dos Conjuntos Tradicionais

A teoria dos conjuntos tradicionais, freqüentemente, é aplicada intuitivamente na atividade humana e, por conseguinte, também na auditoria independente. Ao realizar agrupamentos de itens por serem examinados, por exemplo, os estoques de peças e componentes em uma concessionária de automóveis, ou ao selecionar amostras para testes, o auditor está utilizando os conceitos inerentes à teoria dos conjuntos, tais como suas propriedades de união, intersecção etc. A própria função do risco de auditoria (Audit Risk – AR), cuja forma mais aplicada pelos auditores, conforme observado por Rittenberg (1994), se expressa por $AR = f(IR, CR, DR)$, é definida entre três conjuntos, quais sejam: o conjunto dos riscos inerentes (Inherent Risk – IR), o conjunto dos riscos de controle (Control Risk – CR) e o dos riscos de detecção (Detection Risk – DR).

Revisando, brevemente, os conceitos da Teoria dos Conjuntos Tradicionais, tem-se que, tal qual a teoria das probabilidades, existem três métodos para definir um conjunto A em um conjunto universo X :

- Um conjunto A , cujos membros são a_1, a_2, a_3 , é definido por:

$$A = \{ a_1, a_2, a_3 \}$$

Essa definição vale apenas para conjuntos cuja quantidade de elementos seja determinada numericamente, os denominados *Conjuntos Finitos*.

- Um conjunto A também pode ser definido pela notação:

$$A = \{x|P(x)\},$$

O símbolo $|$ expressa, em termos matemáticos, a frase “*tal que,*” e $P(x)$ denota a proposição “*x tem a propriedade P*”. Por essa definição, o conjunto A é composto de todos elementos de X , para qual a proposição $P(x)$ é verdadeira.

- Um conjunto A pode ser definido por sua função característica, simbolizada por γ_A , quando declara quais elementos de X são membros do conjunto e quais não são. A notação dessa definição é a seguinte:

$$\gamma_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{para } x \in A \\ 0 & \text{para } x \notin A \end{cases}$$

Se um conjunto não contiver nenhum membro, será denominado Conjunto Vazio, representado por $\emptyset$.

Como exemplo de alguns Conjuntos Tradicionais temos:

Conjunto	Elementos	Descrição
N	$\{1, 2, 3, \dots\}$	Conjunto dos Números Naturais
Z	$\{\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots\}$	Conjunto dos Números Inteiros
N_0	$\{0, 1, 2, \dots\}$	Conjunto dos Números Inteiros não-negativos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 2 – Exemplos de Conjuntos Tradicionais

As principais operações algébricas possíveis de serem realizadas na aplicação prática da Teoria dos Conjuntos Tradicionais são a União, notada pelo símbolo $\cup$, a Intersecção representada por $\cap$ e a operação de Complemento, notada por $\neg$.

A operação de união dos conjuntos A e B , compostos pelos elementos de X , é, assim, denotada: $A \cup B = \{x | x \in A \text{ ou } x \in B\}$

A expressão matemática utilizada para a operação de intersecção de dois conjuntos A e B , também formadas pelos elementos de X , é denotada por:

$$A \cap B = \{x | x \in A \text{ e } x \in B\}$$

Já a operação complemento representa os elementos que não fazem parte de um conjunto, assim expressa:

$$\neg A = \{x | x \in X \text{ e } x \notin A\}$$

As operações de união, intersecção e complemento de Conjuntos Tradicionais possuem diversas propriedades, tais como:

Propriedade	Representação
Absorção	$A \cup (A \cap B) = A$ $A \cap (A \cup B) = A$
Associatividade	$A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$ $A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C$
Comutatividade	$A \cup B = B \cup A$ $A \cap B = B \cap A$
Distributividade	$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$ $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 3 – Exemplos de Propriedades de Operações dos Conjuntos Tradicionais

A Teoria dos Conjuntos Tradicionais, todavia, não é capaz de tratar o aspecto vago da informação. Para transpor essa dificuldade de tratamento da incerteza da informação, surgiu uma teoria derivada dessa, denominada Teoria dos Conjuntos Nebulosos, que será dissertada a seguir.

3.5 - Teoria dos Conjuntos Nebulosos

A Teoria dos Conjuntos Nebulosos, originariamente *Fuzzy Sets*, foi desenvolvida pelo professor da Universidade da Califórnia, Berkeley, Lofti A Zadeh, engenheiro e cientista de sistemas, e exposta em um artigo publicado em 1965.

No prefácio da obra de Cox (1995:xxxiii), o Prof. Zadeh ,assim, se manifestou:

Meu artigo de 1965 sobre os conjuntos nebulosos foi, em grande escala, motivado pela minha convicção de que os métodos tradicionais de análise de sistemas não serviam para lidar com sistemas em que relações entre variáveis não prestavam para representação em termos de diferenciação ou equações diferenciais. Tais sistemas são o padrão em biologia, sociologia, economia e, usualmente nos campos humanistas, ao invés de maquinistas, em sua natureza. *(Tradução livre)*.

Lopes (1999:10) interpretou as palavras de Zadeh, contemplando o contexto de ambigüidade de informação em que esse trabalho está inserido, afirmando:

Zadeh observou que os recursos tecnológicos disponíveis eram incapazes de automatizar as atividades relacionadas a problemas de natureza industrial, biológica ou química, que compreendessem situações ambíguas, não passíveis de processamento através da lógica computacional fundamentada na lógica booleana.

A Teoria dos Conjuntos Nebulosos é, substancialmente, uma extensão da Teoria dos Conjuntos Tradicionais. Nessa última, os conjuntos são também conhecidos, ou ditos, como conjuntos *crisp* e um elemento do universo de discurso¹² X tem somente as alternativas de ***pertencer*** ou ***não pertencer*** ao citado conjunto.

¹² Ferreira (1999:2032) define universo de discurso como “Conjunto de todos os elementos implicados num julgamento ou raciocínio, ou no que está em questão”.

De forma mais flexível, na Teoria dos Conjuntos Nebulosos, um elemento do universo do discurso X pertence a um conjunto A , de acordo com um grau de pertinência. Assim, enquanto no conjunto *crisp* a pertinência é do tipo binária, “tudo” ou “nada”, “sim” ou “não”, representada pelos graus 1 ou 0, no conjunto nebuloso a pertinência é gradual, variando de 0 a 1, sendo que a pertinência exatamente “zero” ou “um” muda o *status* de nebuloso para *crisp*.

Em linguagem usual das ciências exatas, um conjunto nebuloso A , do universo de discurso Ω é definido por uma função de pertinência $\mu_A : \Omega \rightarrow [0,1]$ que associa a cada elemento de Ω o grau $\mu_A(x)$ de pertinência com o qual x pertence a A .

Dessa forma, a função de pertinência indica o grau de compatibilidade entre x e o conceito expresso por A . Em resumo, têm-se as seguintes definições:

- $\mu_A(x) = 1$ - A expressão indica que x é completamente compatível com A ;
- $\mu_A(x) = 0$ - De forma contrária, essa expressão indica que x é completamente incompatível com A ;
- $0 < \mu_A(x) < 1$ - Neste caso, x é parcialmente compatível com A , com grau $\mu_A(x)$

Pelo que se verifica, nos conjuntos tradicionais há limites bruscos, pontualmente definidos entre os elementos que pertencem a esse e que não pertencem. Em

um conjunto nebuloso a transição entre o membro e o não membro está numa faixa gradual, sendo associado um grau entre “0” (totalmente não membro) e “1” (totalmente membro).

Seja tomado como exemplo um cidadão com mais de 60 anos e outro com 80 anos. Pela legislação brasileira, ambos são considerados idosos, pois se enquadram no Estatuto do Idoso. Pela lógica booleana, um cidadão com 61 anos e outro com 82 anos são, ambos, considerados idosos. Todavia, essa mesma lógica nos faz considerar que outro cidadão com 59 anos e 11 meses não é idoso, pelo contrário, deve ser considerado uma pessoa adulta.

Diante desse fato, surge a questão: *como definir adequadamente a condição de adulto ou idoso para um cidadão, ou uma mistura de ambos adjetivos?*

A teoria dos conjuntos nebulosos permite solucionar esse problema. Em primeiro lugar, deve-se definir as variáveis lingüísticas. No exemplo, há apenas uma variável: “idade”. Em seguida, define-se o conjunto nebuloso associado à variável que poder ser, por exemplo, “jovem”, “adulto” e “idoso”. Uma variável nebulosa não proporcionaria uma resposta determinística, única, mas um conjunto de respostas, sendo que cada posição desse conjunto é o valor para cada termo nebuloso da variável.

Assim, por exemplo, um cidadão com 55 anos, seria (0,0; 1,0; 0,0), ou seja, não é jovem (grau de pertinência 0,0), porém é adulto com grau de pertinência 1,0 e não

é idoso, pois tem grau de pertinência 0,0. Outro cidadão, por exemplo, com 58 anos, tendo os seguintes graus de pertinência (0,0; 1,0; 0,3), pode ser, assim, traduzido: não é jovem, é adulto e tem somente 0,3 de grau de pertinência para ser um cidadão idoso.

Diversos autores de obras sobre os conjuntos e a lógica nebulosa utilizam exemplos com substantivos, tais como: altura, velocidade, idade, temperatura etc. Nessa linha de conduta pedagógica, tomem-se, como exemplo, as explicações de Zwicker (2001), partindo da indagação: *27°C é uma temperatura **morna** ou **quente**?*

Uma representação gráfica convencional para essa questão foi assim desenhada:

Fonte: Zwicker (2001).

Figura 1 – Representação de Transição Instantânea de Temperatura

Como se observa, a transição entre a temperatura, por exemplo, de 26,9°C, considerada no exemplo de um conjunto *crisp* como *morna*, para a temperatura de, diga-se, 27,1°C, considerada como *quente*, é instantânea, abrupta. Assim, no exemplo citado, 0,2°C separa o estado *morno* do estado *quente*.

Se for aplicada a fundamentação da teoria dos conjuntos nebulosos, tem-se a representação gráfica da Figura 2 para os mesmos elementos em tela:

Fonte: Zwicker (2001).

Figura 2 – Representação da Transição Gradual de Temperatura

Com esse recurso conceitual, a transição do estado morno para o estado quente é gradual, permitindo-se afirmar que 27°C é parcialmente quente e parcialmente morno.

Aplicando-se, nesse exemplo, os principais conceitos vistos até agora a respeito dos conjuntos nebulosos, o gráfico (adaptado) de Zwicker fornece um bom recurso didático, conforme apresentado na Figura 3, a seguir:

Fonte: Zwicker (2001), com adaptações.

Figura 3 – Representação da Transição de Temperatura com Conjuntos Nebulosos

Aplicando esses conceitos das teorias dos conjuntos tradicionais e nebulosos na atividade de auditoria independente, ter-se-iam as seguintes situações:

- A avaliação de risco inerente e de controle interno realizada através da forma binária de respostas de questionários “sim” ou “não”, poderia ser enquadrada como um conjunto *crisp*, porque os elementos (a resposta “sim” ou “não”) pertencem ou não pertencem ao conjunto. Ou seja, poder-se-ia interpretar que a resposta “não” tem grau de pertinência “zero” e a resposta “sim” tem o grau 1,00 de pertinência;
- A mesma avaliação de riscos realizada com expressões como “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “alto” e “muito alto” e que, para enquadramento do conceito fosse utilizada, por exemplo, uma escala de 0 a 100, em que: de 0 a 20 seria convencionado o conceito “muito baixo”; de 21 a 40 o conceito “baixo”; de 41 a 60 seria “médio”; de 61 a 80 seria atribuído o conceito “alto” e, finalmente, de 81 a 100 o conceito seria “muito alto”, ter-se-ia a seguinte questão:

Se a pontuação obtida na avaliação fosse, por exemplo, 19, poder-se-ia entender que o risco é “muito baixo”, em uma visão de conjunto “crisp”. Todavia, 19 está muito próximo do conceito “baixo”, tendo somente 1 unidade a separar tais conceitos.

Para o entendimento seqüencial da lógica nebulosa, faz-se necessário rever as principais operações e relações entre Conjuntos Nebulosos. Essas, na verdade, são definidas como extensão das operações e relações dos Conjuntos Tradicionais, uma vez que, como dito anteriormente, a primeira teoria deriva da segunda.

No Quadro 4, apresentado a seguir, são exemplificadas algumas dessas operações e relações:

<i>Operação</i>	<i>Representação</i>
União	$A \cup B = A(x) \cup B(x) = \max [A(x), B(x)]$
Intersecção	$A \cap B = A(x) \cap B(x) = \min [A(x), B(x)]$
Complemento	$\neg A(x) = 1 - A(x)$
Diferença	$(A \neq B)$ se $A(x) \neq B(x)$ para pelo menos um elemento de $x \in X$
Igualdade	$(A = B)$ se $A(x) = B(x)$ para todo $x \in X$
Inclusão	$(A \subseteq B)$ se $A(x) \leq B(x)$ para todo $x \in X$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 4 – Exemplos de Propriedades de Operações dos Conjuntos Nebulosos

As operações de união e intersecção são utilizadas intensivamente nos modelos de aplicação da lógica nebulosa, conforme se discorre na seqüência.

4- – LÓGICA NEBULOSA PARA REDUÇÃO DE INCERTEZAS

4.1– Lógica: A Arte de Bem Pensar

A lógica nasceu dos esforços dos pensadores da Grécia Antiga empenhados em analisar as estruturas dos raciocínios, organizando-as e classificando-as. O filósofo grego Aristóteles (384-322 A.C) e outros defendiam o uso da lógica como poderoso instrumento para se alcançarem conhecimentos científicos, seguros, metódicos e sistemáticos em qualquer campo da atividade humana.

Contemporaneamente, os personagens associados com essa ciência são, principalmente, George Boole (1815-1864), razão de ser da expressão “*lógica booleana*”, e Augusto de Morgan (1807-1871).

Esses filósofos, quase simultaneamente, criaram a denominada *álgebra da lógica*. O formato da lógica moderna decorreu das idéias de Gottlob Frege (1848-1925), que tiveram alguns aspectos aperfeiçoados por Bertrand Russel (1872-1970).

Para Lalande (1980:v.2:41), a lógica “tem por objeto determinar, por entre todas as operações intelectuais que tendem para o conhecimento do verdadeiro, as que são válidas, e as que não são”.

Para o filósofo Russel (2001:118), a lógica:

...não é uma ciência no sentido comum, mas sim um modo geral de tratar coisas que na verdade é indispensável à ciência. Proporciona critérios para a discriminação e a demonstração, e deve ser considerada como ferramenta ou instrumento que contribui para a investigação científica.

Outros autores visitados complementam essas definições, entendendo que a lógica é um estudo sistemático do pensamento dedutivo, voltado para a construção de argumentos corretos, distinguindo-os dos incorretos, e aplicável nas ciências humanas, naturais e formais.

Para o exercício da lógica, o conteúdo de um pensamento é de somenos importância, pois o que lhe interessa é a estrutura do pensamento, a forma, por isso os autores, freqüentemente, citam que a lógica se preocupa com o aspecto formal de um argumento, de um raciocínio.

Lógica *tradicional* e *lógica moderna* são os dois rótulos atualmente utilizados para segregar a lógica por tipo. A moderna, em muitas obras literárias citada como contemporânea, simbólica ou matemática, utiliza métodos matemáticos. Na verdade, segundo Cotrim (1998), não há uma clara distinção, já que a lógica tradicional está contida na lógica moderna, sendo que a distinção tem caráter didático para localização no tempo.

A lógica tradicional é composta de algumas noções básicas, tais como: extensão e compreensão dos conceitos; juízo, raciocínio e argumento; validade e verdade; falácia, e muitas outras.

No desenvolvimento de qualquer atividade humana, encontram-se essas noções presentes e, especificamente, no campo da auditoria independente destaca-se o juízo, o julgamento com base em provas.

Cotrim (1998) apresenta os diagramas construídos pelo matemático suíço Euler (século XVIII) para exemplificar as possibilidades de relacionamento, quanto à extensão, entre os pares de conceitos X e Y. Assim, tem-se:

- **Completa igualdade entre X e Y:**

Todos os X são Y e todos os Y são X.

- **X pertence a Y:**

Todos os X são Y, mas nem todos os Y são X.

- **Y pertence a X:**

Todos os Y são X, mas nem todos os X são Y.

- **Interação parcial entre X e Y:**

Alguns, mas não todos, X são Y e alguns, mas não todos, Y são X.

- **Completa diferenciação entre X e Y:**

Nenhum X é Y e nenhum Y é X.

Tanto esses breves comentários sobre a lógica, como a explicação dos Diagramas de Euler, justificam-se nesse momento, uma vez que será percorrido na sequência assuntos pertinentes e que utilizam tais fundamentos teóricos.

4.2 - A Lógica Nebulosa (*Fuzzy Logic*)

A Lógica Nebulosa (originalmente *Fuzzy Logic*) é baseada na teoria dos Conjuntos Nebulosos e tem sido objeto de estudos e de diversas aplicações práticas, principalmente no segmento de Inteligência Artificial.

Nesse campo de atividade, particularmente, a lógica nebulosa possibilita que seja abordado de maneira mais adequada o problema da representação da imprecisão e da incerteza em informações, conforme afirma Bittencourt (2003) e, nesse sentido, ela tem se mostrado mais adequada do que a teoria das probabilidades para tratar as imperfeições da informação.

Iudícibus (2003:141) adota o termo “Lógica Difusa” para traduzir *Fuzzy Logic* e uma das definições que oferece é a seguinte:

...(3) Conjunto de dados, obtidos e, linguagem natural, difusos transformados em variáveis numéricas, aplicados em Inteligência Artificial para adaptar-se a funções logísticas, de custos, de investimentos e de incertezas por ocasião de planejamento orçamentário.

Os conjuntos nebulosos e a lógica nebulosa possibilitam a geração de técnicas eficazes para a solução de problemas de naturezas diversas e autores, tais como Chandra, Dubois, Korvin, Siegel, Sriram e outros, relatam inúmeras aplicações nas áreas de sistemas especialistas, computação com palavras, raciocínio aproximado, linguagem natural, robótica e, no contexto que nos interessa, nas áreas de controle de processos e de tomada de decisões.

O criador da Teoria dos Conjuntos Nebulosos, Lofti Zadeh, *apud* Alonso (2000:18) assim se manifesta sobre a relação entre os sistemas e a precisão das informações:

...quando a complexidade de um sistema aumenta, nossa habilidade para fazer um relato com precisão e significado acerca do seu comportamento decresce até o início de transformar esse relato com precisão e significado (ou relevância) quase numa característica exclusiva.

A revisão bibliográfica, também, apontou que a lógica nebulosa foi aplicada de forma pioneira em meados da década de 70, na área de controle de processos industriais, especificamente em uma máquina de vapor, experiência conduzida em Londres, no Queen College, pelo professor Abe Mamdani. A primeira aplicação industrial significativa ocorreu na mesma época na Dinamarca, tendo como usuários a indústria de cimento F.L. Smidth Corporation. Atualmente, diversos produtos bem conhecidos da população mundial operam com tecnologia fundamentada na lógica nebulosa, dentre os quais Shaw (1999) relaciona: câmeras de vídeo, aparelhos de ar condicionado, fornos de microondas, máquinas de lavar roupa, incineradores de lixo e outras aplicações.

A lógica nebulosa vem se tornando cada vez mais importante como ferramenta capaz de capturar informações vagas, ambíguas ou imprecisas, geralmente descritas em linguagem natural para transformá-las em forma numérica, permitindo ampla aplicação em ambientes informatizados e de Inteligência Artificial.

O objetivo dessa lógica é fornecer os fundamentos para efetuar o raciocínio aproximado com proposições imprecisas, usando a teoria dos conjuntos nebulosos como ferramenta principal, conforme explica Shaw (1999).

A proposta da lógica nebulosa é assumir uma premissa que varia em grau de pertinência, no intervalo de 0 a 1, o que leva o elemento do conjunto nebuloso a ser parcialmente verdadeiro, ou parcialmente falso.

Nguyen e Walker (2000) afirmam que a lógica nebulosa é um superconjunto da lógica *booleana* tradicional, por estender o conjunto restrito dessa, composto da dualidade “verdadeiro” ou “falso”, representado por 1 ou 0, acrescentando-lhe o conceito de parcialmente verdadeiro, isto é, valores entre o completamente verdadeiro (de valor 1) e o completamente falso (de valor 0).

De fato, uma das principais características da lógica *booleana* é o axioma do Terceiro Excluído, qual seja, não há alternativa para um valor verdade além do par “verdadeiro” e “falso”.

A lógica nebulosa é, portanto, capaz de amparar uma metodologia para lidar com elementos de conceitos difusos. Borba (2000) comenta que a lógica nebulosa permite que os conjuntos tenham limites nebulosos mais do que exatos, que as regras tendem a ser mais flexíveis, compactas e intuitivas, visando modelar processos complexos que não simplesmente preto ou branco, por exemplo.

Em síntese, a lógica nebulosa pode ser entendida como a lógica que suporta os modos de raciocínio que são aproximados, não são exatos. A grande vantagem da lógica nebulosa provém de sua habilidade de inferir conclusões e gerar respostas, tomando como *input* um conjunto de informações vagas, ambíguas e qualitativamente incompletas e precisas.

As principais características da lógica nebulosa podem ser assim resumidas:

- Utiliza as *variáveis lingüísticas* como elementos principais de entradas e saídas do raciocínio aproximado. Conforme afirmam Deshmukh e Nassiripour (1998), o conceito de variável lingüística está intimamente associado com os conjuntos nebulosos e caracteriza-se por ser uma variável que pode ser descrita em palavras ou sentenças. Assim, esses autores citam, como exemplo, a variável “temperatura” que, se for descrita como “fria”, “morna” ou “quente”, então, está-se utilizando o conceito de *variável lingüística*. Essas são compostas pelo quádruplo $(X, \Omega, T(X) \text{ e } M)$, em que X representa a variável (temperatura, altura etc), Ω é o universo de discurso de X (de $^{\circ}\text{O}$ e 50°C , por exemplo), $T(X)$ é um conjunto de nomes para valores de X (quente, morna, alto, baixo etc.) e M é a função de pertinência atribuída a cada elemento de $T(X)$.
- Incorporando o conceito de “grau de verdade”, os conjuntos nebulosos podem ser rotulados com termos lingüísticos, tais como quente, alto, fraco,

grande etc. e os elementos do conjunto são caracterizados com o grau de pertinência, ou seja, com um valor que indica o “grau de verdade” com que eles pertencem a esse agrupamento.

Como exemplo dessa asserção, uma pessoa com 1,80 metro e outra com 1,70 metro podem ser qualificadas como membros do conjunto “alto” porém, a pessoa com 1,70 metro possui um grau de verdade, um grau de pertinência, menor do que a que tem 1,80 metro.

- Admite vários *modificadores de predicado* como, por exemplo: muito, mais ou menos, pouco, bastante, médio, e tantos outros. Cox (1995) denomina esses modificadores como *hedge* e comenta que são termos que modificam a característica de um conjunto nebuloso, aproximando-o de outro conjunto ou de outra escala de valores, utilizando termos como *próximo, ao redor de, cerca de* etc. ou intensificando o conjunto com predicados como *muito, extremamente* etc.;
- Manuseia todos os valores no intervalo de 0 e 1, tendo esses apenas como limites.

4.3 – O Controlador de Lógica Nebulosa para Aplicações Práticas

A transformação de todos os conceitos vistos até agora, em um mecanismo de aplicação prática foi o desafio a que se propuseram diversos pesquisadores, dentre eles o Prof. Mamdani, que projetou um modelo, denominado originariamente *Fuzzy Logic Controller*, e que inspirou muitos trabalhos e vem comumente demonstrado, com ou sem adaptações, em diversas obras literárias a respeito do tema.

A Figura 4, a seguir, apresenta um modelo conceitual de como opera o Controlador de Lógica Nebulosa. Note-se que o mecanismo primordial desse modelo consiste em “fuzzificar”, ou seja, introduzir ao universo nebuloso, as variáveis discretas, representadas por escalas numéricas, processá-las com base em regras estabelecidas com o auxílio de informações de especialistas e, em seguida, “defuzzificar”, o que significa resgatá-las no formato de saídas discretas, ou seja, em números representativos para um processo de tomada de decisão.

Fonte: Adaptada de Bojadziev(1997).

Figura 4 - Estrutura de um Controlador de Lógica Nebulosa

O funcionamento do modelo, assim como as definições e conceitos pertinentes são apresentados na seqüência.

4.3.1 – As Entradas Discretas

As *Entradas Discretas* são as *variáveis lingüísticas*, atreladas a algum tipo de escala numérica. Em alguns modelos controladores de lógica nebulosa descritos na literatura visitada, essa escala de valores aparece com a denominação “escala psicométrica”, pois refletem uma mensuração subjetiva, que não utiliza

elementos como metros, graus, dólares, mas conceitos mentais, tais como: aceitável, apropriado, razoável, importante, e outros.

Cox (1999) lembra que a escala psicométrica é muito utilizada na construção de modelos de controladores de lógica nebulosa aplicados quando os objetos são populações dinâmicas, planejamento urbano, econometria, avaliações de riscos e outras áreas nas quais a resolução requerida é de problemas conceituais.

Como visto anteriormente, uma Entrada Discreta, poderia ser, por exemplo, uma temperatura de 25° C. Juntamente com essa variável lingüística, faz-se necessário que se estabeleçam as funções de participação de cada termo lingüístico¹³. Assim, se os termos escolhidos para a variável Temperatura foram, por exemplo, *quente*, *morna* e *fria*, é preciso, também, estabelecer os intervalos que tais termos ocuparão na escala numérica. Dessa forma, o termo *fria* pode ocorrer de 0° a 18°, o termo *morna* de 15° a 30° e o termo *quente* de 27° a 45°.

4.3.2 – O Processo de “Fuzzificação”

A “Fuzzificação” promoverá a transformação de entradas discretas em entradas nebulosas (*fuzzy inputs*), considerando, por exemplo, os intervalos de graus Celsius que rotulam as temperaturas ambientais em fria, fresca, normal, morna e quente. Assim, por exemplo, se for imputado ao sistema a informação de que a temperatura ambiente é de 33°C, o processo de

¹³ Serão utilizadas, doravante, as expressões “termo” ou “rótulo”, com o mesmo significado, qual seja, a caracterização de um estado ou predicado para uma variável lingüística.

“fuzzificação” indicará que essa é “quente” com um grau de pertinência de 0,46 e “morna” com um grau de 0,20.

Uma observação importante encontrada na literatura pesquisada diz respeito à quantidade dos elementos do conjunto de nomes para os valores de X . Quanto maior a quantidade de rótulos *fuzzy*, mais suave será o *output* do sistema, ou seja, a transição de um estado para outro será menos abrupta. Entretanto, essa maior quantidade aumentará a possibilidade de o modelo, em operação, tornar-se instável.

4.3.3 - Base de Regras

Uma vez obtidas as entradas nebulosas, o modelo deverá realizar as inferências necessárias para gerar as saídas dos conjuntos nebulosos. Esse processo de inferência consiste na aplicação das *Regras de Controle*, também conhecidas como *Regras de Produção*, sobre as entradas nebulosas e sua conseqüente avaliação e informação dos resultados inferidos, ainda sob a forma de conjuntos nebulosos.

Nesse momento, normalmente, são consultados especialistas na matéria sob a qual o controlador da lógica nebulosa vai operar, para definição das regras. Essas são de natureza *condicional* ou *incondicional*. Para as regras de natureza *condicional*, o formato utilizado para expressá-las utiliza a sintaxe: Se (premissa), *Então* (conclusão). Por exemplo: Se a temperatura é alta *Então* acione o sistema de ventilação. Para as regras de natureza *incondicional*, não

é utilizada a segunda parte condicionante, ou seja, o termo *Então*. Assim, a expressão simplesmente realiza uma asserção. No exemplo dado, a regra incondicional seria, assim, expressa: A temperatura é alta.

As regras podem conter mais de uma condicionante. Tomando como referência o tema deste trabalho, poder-se-ia exemplificar essa condição como segue: **SE** a *Atribuição de Autoridade e Responsabilidade* é ruim **E** a *Importância para os Controles* é grande, **ENTÃO** o *Risco da Infra-Estrutura* é alto.

As premissas da regra são denominadas *Antecedentes* e a ação estabelecida é chamada de *Conseqüente*. As premissas são relacionada pelos conectivos lógicos, os operadores nebulosos conhecidos como *Operador de Conjunção* (E) ou *Operador de Disjunção* (OU). O primeiro está associado à operação de *Intersecção* dos conjuntos nebulosos e o segundo à operação de *União* desses conjuntos.

Um recurso visual interessante sob o ponto de vista didático é a demonstração das variáveis e dos termos lingüísticos através de uma matriz, ressaltando que tal recurso é válido apenas quando a Regra de Controle tem somente duas entradas e uma saída para ser inferida.

Pela originalidade, emprestamos o exemplo de matriz apresentado por Zwicker (2001), que contempla as variáveis de entrada *Temperatura Ambiente* e *Umidade do Solo* e *Aguada* como variável de saída:

TEMPERATURA AMBIENTE						
UMIDADE DO SOLO		<i>FRIA</i>	<i>FRESCA</i>	<i>NORMAL</i>	<i>MORNA</i>	<i>QUENTE</i>
	<i>MOLHADO</i>	Pouca	Pouca	Pouca	Pouca	Pouca
	<i>ÚMIDO</i>	Pouca	Média	Média	Média	Média
	<i>SECO</i>	Longa	Longa	Longa	Longa	Longa

Fonte: Zwicker (2001).

Quadro 5 – Matriz de Variáveis e Termos Lingüísticos

Uma regra que se pode extrair dessa matriz poderia ser:

SE a *Temperatura Ambiente* é normal **E** a *Umidade do Solo* é seca,
ENTÃO a *Aguada* deve ser longa.

Concluindo o exemplo, o autor citado expressa sua opinião pragmática que, em casos similares, o uso de uma singela matriz para definir o comportamento de um sistema é capaz de poupar muitos cálculos matemáticos e proporcionar resultados satisfatórios.

4.3.4 - Inferências

Os procedimentos de inferência consistem na avaliação das variáveis antecedentes pelas Regras de Produção estabelecidas. Para tanto, as seguintes etapas devem ser realizadas pelo Controlador de Lógica Nebulosa:

- Identificar os valores correspondentes aos graus de pertinência dos termos lingüísticos correspondentes às antecedentes;
- Determinar a força das conclusões de cada regra disparada;
- Definir a saída nebulosa.

A explicação do funcionamento do processo de inferência com um exemplo possibilita um eficaz entendimento. Para tanto, vai-se prosseguir utilizando a situação demonstrada anteriormente.

No primeiro passo, considere que o processo de “fuzzificação” da “temperatura ambiente de 33° C” (entrada discreta) indicou que essa tem um grau de pertinência de 0,20 para o termo lingüístico “morno” e 0,46 para o termo “quente” e indicou, ainda, que a outra entrada discreta “umidade do solo de 11%” tem um grau de pertinência de 0,25 para o termo “seco” e de 0,75 para o termo “úmido”. Estes são os dados, portanto, identificados para cumprimento desse passo inicial do processo de inferência.

Uma vez concluída a “fuzzificação”, as Regras de Produção são acionadas. No exemplo em curso, as seguintes regras, em que as variáveis discretas eram Temperatura Ambiente de 33°C e 11% de Umidade de Solo, as seguintes regras são válidas para o processo de inferência:

- **SE** a temperatura está “quente” (com grau de pertinência 0,46) **E** o solo está “seco” (0,25) **ENTÃO** a duração da aguada é “longa”.
- **SE** a temperatura está “morna” (0,20) **E** o solo está “úmido” (0,75) **ENTÃO** a duração da aguada é “média”.
- **SE** a temperatura está “morna” (0,20) **E** o solo está “seco” (0,25) **ENTÃO** a duração da aguada é “longa”.
- **SE** a temperatura está “quente” (0,46) **E** o solo está “úmido” (0,75) **ENTÃO** a duração da aguada é “média”.

Observa-se que todas as demais regras que se poderiam obter (conforme se visualiza na matriz apresentada) são desprezadas, já que não contemplam os números nebulosos gerados pelas entradas discretas informadas (33°C e 11%). De fato, a pertinência dos termos “fria”, “fresca” ou “normal” para o valor de 33°C da variável *Temperatura Ambiente*, assim como a pertinência do termo “molhado” da variável *Umidade do Solo* não têm “força” suficiente para acionar as regras válidas para o processo de inferência.

Esse “corte” para aplicação de regras é denominado “Alpha Threshold” ou “Alpha Cut” e pode ser estabelecido na concepção do modelo de Controlador da Lógica Nebulosa com o auxílio de especialistas.

Dessa forma, a “força” de um conjunto de regras pode ser definida a partir de um determinado nível do grau de pertinência. Como exemplo, poderia ser estabelecido que as regras somente seriam acionadas se tivessem, pelo menos, um grau de pertinência superior a 0,50.

Para definir a “força” da conclusão, ou em outras palavras, a verdade do grau de pertinência da consequente, aplica-se o Método Mínimo ou Método Máximo, dependendo do tipo de operador nebuloso que a regra utiliza. No caso em pauta, utilizou-se um *Operador de Conjunção (E)*, o que determina a operação de *Intersecção* dos conjuntos nebulosos e, portanto, a aplicação do Método Mínimo. O resultado da aplicação do Método Mínimo indicou as seguintes forças de conclusões de cada regra acionada: 0,25; 0,20; 0,20 e 0,46 (ou seja, o menor grau de pertinência que aparece em cada uma das regras acionadas).

Caso o operador nebuloso utilizado nas regras fosse o *Operador de Disjunção (OU)*, a operação dos conjuntos nebulosos aplicável seria a de *União* e o método de apuração da força das conclusões seria o *Método Máximo*, qual seja, a seleção dos máximos graus de pertinência de cada uma das regras acionadas.

Para a consecução do terceiro e último passo do processo de inferência, deve-se utilizar as *Conseqüentes* das regras acionadas, considerando as forças de conclusões obtidas no passo anterior e aplicando-se o *Método Máximo*, já que dessa vez se trabalhará com a operação *União* dos conjuntos nebulosos, para a geração da saída nebulosa pretendida. Assim, têm-se as seguintes regras conseqüentes geradas no exemplo adotado:

- **ENTÃO** a duração da aguada é “longa” - *força de conclusão* = 0,25;
- **ENTÃO** a duração da aguada é “média” - *força de conclusão* = 0,20;
- **ENTÃO** a duração da aguada é “longa” - *força de conclusão* = 0,20
e
- **ENTÃO** a duração da aguada é “média” - *força de conclusão* = 0,46.

Como se depreende, as forças de conclusões máximas das regras com o mesmo termo lingüístico são 0,25 para a duração da aguada “longa” e 0,46 para a duração da aguada “média”. A saída nebulosa resultante do processo de inferência, nesse exemplo, será:

- A duração da aguada é 0,25 longa e
- A duração da aguada é 0,46 média.

Como a conclusão de todo esse processo, até agora, ainda é **nebulosa**, será necessário realizar a tarefa de “defuzzificação” das saídas *fuzzy*.

4.3.5 - O Processo de “Defuzzificação”

O processo de “defuzzificação” consiste na conversão dos números nebulosos gerados pelo processo de inferência em valores discretos. Inicialmente, o processo combina as saídas nebulosas resultantes do processo de inferência, pela função que Dubois (1980) denominou de Agregação ou Resolução de Conflitos. Segundo esse autor, a função de agregar é usada para decidir qual ação de controle deve ser levada como resultado das diversas regras de produção ativadas. A Figura 5 abaixo demonstra o processo de agregação, considerando as saídas nebulosas do item anterior:

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5 – Processo de Agregação de Saídas Nebulosas

Subseqüentemente, é apurado o valor *crisp* de saída, e, para tanto, diversos métodos de cálculo podem ser empregados, sendo que os mais comumente citados¹⁴ são os seguintes:

- Método do Centro da Área, também denominado Centróide ou do Centro de Gravidade, que resulta da ponderação de todos os valores possíveis da saída nebulosa. Os graus de pertinência são utilizados como pesos para o cálculo de uma média ponderada (por essa razão, esse método também é conhecido como Método da Média Ponderada)¹⁵;
- Método do Máximo, que apresenta o ponto no qual o valor de saída nebuloso tem o seu máximo. Por esse método, a decisão considerará somente o valor que apresentar o máximo, o maior, grau de pertinência;
- Método da Média dos Máximos, que calcula o valor médio dentre todos os pontos máximos das saídas nebulosas.

O Método Centróide encontra o ponto de equilíbrio da saída nebulosa, através do cálculo da média ponderada da região nebulosa encontrada pela função de agregação.

¹⁴ Outros métodos citados, mas que não são normalmente explicados, já que derivam desses três principais, são: média local dos máximos, ponto central da área e centro da média.

¹⁵ Chen (2001) observa que esse método é largamente usado em controles de processos e em robótica, uma vez que tende a resultar em saídas que proporcionam ações suaves, eliminando eventuais movimentos abruptos que podem ser causados pelos resultados sugeridos por outros métodos, tais como o Método do Máximo.

A expressão matemática para o cálculo da abcissa do centro de gravidade é a seguinte:

$$\frac{\int \mu_x \cdot x \cdot dx}{\int \mu_x \cdot dx}$$

em que **d** é o valor do domínio e **μ_x** é o grau de pertinência.

A resolução gráfica do exemplo até agora desenvolvido por esse método seria, assim, expressa pela Figura 6:

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 6 – Duração da Aguada pelo Método Centróide

A aplicação do Método do Máximo, no exemplo dado, não é factível, uma vez que a saída nebulosa não gerou um ponto máximo apenas, mas um platô, que abrange o intervalo aproximado de 25 a 42 minutos, conforme se demonstra a seguir:

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 – Duração da Aguada pelo Método do Máximo

Já o Método da Média dos Máximos é de possível aplicação e seria obtido da média simples entre a menor e a maior abcissa, ou seja: $(25 \text{ min.} + 42 \text{ min.})/2 = 33,5 \text{ minutos}$, considerando-se a ressalva de que os valores de 25 e 42 minutos foram estimados com base na visualização do gráfico. Todavia, esses poderiam ser calculados precisamente, mas não é o caso para esta circunstância de mera exemplificação.

Novamente utilizando o recurso do exemplo gráfico, ter-se-ia o seguinte desenho expresso pela Figura 8 para o resultado desse Método da Média dos Máximos:

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 8 – Duração da Aguada pelo Método da Média dos Máximos

Concluindo, o método de “defuzzificação” mais utilizado, conforme afirma Cox (1995) é o Método do Centro da Área, que, no exemplo, definiu uma saída *crisp* de duração da aguada de 34 minutos. O autor citado justifica essa preferência dos usuários, principalmente em decorrência da propriedade que esse método possui de fornecer respostas (saídas fuzzy) que provocam ações suaves de mudanças para os próximos passos do sistema de controle.

O outro método factível de aplicação, no exemplo, indicou uma saída discreta de 33,5 minutos aproximadamente. Dependendo da saída nebulosa resultante do processo de agregação, essa proximidade de valores poderia não ocorrer.

Dessa forma, a ação resultante da saída discreta do Controlador de Lógica Nebulosa poderia tomar rumos diferentes. Por tal motivo, a construção das regras e a escolha dos métodos de inferência e “defuzzificação” são de extrema significância e demandam, portanto, o apoio de profissionais experientes no manuseio e controle do produto que se pretende seja modelado e das ações esperadas desse instrumento.

5- MODELO DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE CONTROLE USANDO A LÓGICA NEBULOSA

5.1– Considerações Iniciais

A construção do modelo conceitual de avaliação de riscos de controle para uso em auditoria independente de demonstrações contábeis tomou como referência primária a estrutura básica estabelecida no relatório *Internal Control – Integrated Framework* do *Committee of Sponsoring Organizations of Treadway Commission – COSO*¹⁶ e adotada pelo *American Institute of Certified Public Accountants – AICPA*, na sua norma *SAS-78 – Consideration of Internal Control in a Financial Statement Audit: An Amendment to SAS nº 55* e na norma *ISA-400 – Risk Assessments and Internal Control* da *International Federation of Accountants*¹⁷.

O desenvolvimento do modelo conceitual, em tela, foi ajustado com base no estudo e avaliação dos manuais internos descritivos das estratégias, dos métodos e procedimentos adotados nos trabalhos de avaliações de riscos de auditoria de demonstrações contábeis das empresas de auditoria visitadas que franquearam o acesso, e, ainda, com base nas compilações dos resultados das indagações a respeito do *modus operandi* nesse assunto, destas e de outras que não permitiram o acesso direto aos seus compêndios.

¹⁶ Vide comentários esclarecedores no **Capítulo 2 – Sistemas de Controles Internos, item 2.1 – As Entidades e os Sistemas de Controles Internos**, deste trabalho.

¹⁷ Cabe enfatizar que a metodologia de trabalho da maioria das empresas visitadas segue, em termos gerais, a estrutura acima referida, porém com maior aderência quanto à avaliação de risco inerente e de ambiente de controle.

Uma vez concluído, o esboço do modelo conceitual foi submetido à apreciação e análise de alguns profissionais das empresas de auditoria pesquisadas, que, como *experts* nos processos de avaliação de riscos de controle, contribuíram com diversas sugestões de aperfeiçoamento.

5.2 – Construção da Estrutura Conceitual Básica do Modelo

A estrutura do modelo conceitual considera que um sistema de controle interno de uma entidade tem cinco componentes, a saber: Ambiente de Controle, Avaliação de Riscos, Atividade de Controle, Informação e Comunicação e Monitoração.

De acordo com a citada norma SAS-78 (AU 319) do *AICPA*, cada componente envolve várias políticas e procedimentos de controle, necessários para que sejam atingidos os objetivos primordiais do sistema de controle interno de uma entidade, que se configuram como a necessidade de proporcionar segurança razoável na confiabilidade das informações financeiras por tal sistema gerado, na obediências às leis e regulamentos aplicáveis à entidade e na geração de condições para ela operar com eficácia e eficiência.

Os componentes de controles internos são, assim, entendidos pelo *COSO* e pelo *AICPA*:

- *Ambiente de Controle*: Compreende e reflete as atitudes dos gestores e suas crenças e valores quanto à importância do sistema de controle interno para a entidade, influenciando e embasando todos os demais componentes que nele operam, bem como a consciência das pessoas envolvidas.

- *Avaliação de Risco:* São as atividades desenvolvidas pela entidade para a identificação, análise e administração dos riscos que possam causar impacto relevante nos negócios e, em consequência, nos controles internos e na elaboração das demonstrações contábeis em conformidade com os princípios de contabilidade geralmente aceitos.

- *Atividades de Controle:* Compreendem o conjunto de políticas e procedimentos que proporcionam condições para assegurar que as diretrizes emanadas da administração estejam sendo aplicadas e obedecidas.

- *Informação e Comunicação:* São os métodos e registros estabelecidos para identificar, reunir, analisar, classificar e relatar as transações da entidade tempestivamente e em formato tal que impeçam erros ou classificações indevidas nas asserções da administração contidas nas demonstrações contábeis e que possibilitem, ainda, que as pessoas cumpram suas responsabilidades com os controles internos.

- *Monitoração:* São os processos que avaliam a qualidade do desempenho dos controles internos ao longo do tempo, contemplando análises sobre o desenho dos sistemas, a tempestividade de operação dos controles e a adoção de ações corretivas.

Para compatibilizar o modelo conceitual de avaliação de risco de controle com os fundamentos da lógica nebulosa e, principalmente, com o modelo Controlador de

Lógica Nebulosa¹⁸ e suas regras de acionamento, foram utilizados os seguintes recursos:

- Aglutinação dos componentes do controle interno em duas grandes categorias: *Risco do Ambiente de Controle* e *Risco dos Outros Componentes do Controle*.

Essa decisão justifica-se porque o componente “ambiente de controle” é identificado em todas as obras e trabalhos literários consultados e, principalmente, nas metodologias de trabalho das empresas de auditoria abrangidas nas pesquisas desta tese, como aquele que permeia a condição de operação e de sucesso de todos os demais componentes, bem como os processos e procedimentos inerentes ao funcionamento dos sistemas de controles das entidades;

- Segregação dos *Riscos do Ambiente de Controle* e do *Risco dos Outros Componentes do Controle* em sete *Classes de Riscos*, que foram assim denominadas: Gestão de Pessoas, Modelo de Decisão, Infra-Estrutura, Avaliação de Risco, Atividades de Controle, Informação e Comunicação e Monitoramento.

As *Classes de Riscos* do *Risco do Ambiente de Controle* foram segregadas em razão da natureza dos seus três componentes básicos, quais sejam: os riscos das posturas dos elementos humanos no processo de controle, o risco

¹⁸ Apresentado no Capítulo 4 – LÓGICA NEBULOSA PARA REDUÇÃO DE INCERTEZAS, item 4.3 – O Controlador de Lógica Nebulosa para Aplicações Práticas.

dos efeitos das decisões desses elementos e o decorrente da estrutura de poder na entidade.

Para as *Classes de Riscos* do *Risco dos Outros Componentes de Controle* foram tomadas como referência a segregação proposta pela norma SAS-78 (AU 319) do AICPA para os componentes de controle interno, excetuando-se o *Ambiente de Controle*;

- As *Classes de Riscos* acima foram, por sua vez, segregadas em *Fatores de Riscos* pertinentes às suas características básicas. Assim, tomando como exemplo a *Classe de Risco* de *Gestão de Pessoas*, os *Fatores de Riscos* identificados para ela compreendem a avaliação dos efeitos da postura das pessoas na organização, decorrentes da integridade moral e da conduta ética, do compromisso em realizar suas tarefas de forma competente, das políticas de recrutamento, seleção e de orientações sobre os papéis e responsabilidades do funcionário na organização e outras necessárias para a eficaz gestão de pessoas.

O Quadro 6 a seguir apresentam os *Fatores de Riscos* e as respectivas *Classes de Riscos*:

<i>Classes de Riscos</i>	<i>Fatores de Riscos</i>
Gestão de Pessoas	Integridade e Valores Éticos
	Comprometimento com Competência
	Políticas e Práticas de Recursos Humanos
Modelo de Decisão	Filosofia e Estilo Operacional da Administração
	Postura para Informações Contábeis
	Conselho de Administração e Comitê de Auditoria
Infra-Estrutura	Atribuição de Autoridade e Responsabilidade
	Estrutura Organizacional
Avaliação de Risco	Ameaças Internas
	Ameaças Externas
Atividades de Controle	Restrições de Acessos e Funções
	Controles de Processamento de Informações
	Revisões de Desempenho
Informação e Comunicação	Processamento da Informação
	Divulgação da Informação
Monitoramento	Monitoramento Interno
	Supervisão Externa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 6 – Classes de Riscos e Fatores de Riscos de Controle

Os *Fatores de Riscos* considerados foram classificados com denominações criadas a partir de discussões com auditores entrevistados e que se alinham ao conteúdo dos *Elementos de Avaliações*, exemplificados pelo AICPA na norma citada.

- Para a avaliação dos *Fatores de Risco*, foram identificados os principais elementos que os compõem e que podem ser mensurados em uma escala numérica, de acordo com a crença de um auditor, quanto ao atendimento a determinados atributos.

Os *Elementos de Avaliação* foram compilados a partir dos exemplos fornecidos pelo AICPA e pelo COSO, bem como do conteúdo dos questionários de avaliações ou dos manuais de auditoria das empresas visitadas.

Para viabilizar a operacionalização do modelo conceitual, os citados elementos de avaliação foram condensados ou desdobrados, de forma muitas vezes diferente das fontes, porém seguindo uma seqüência lógica que permita não perder a finalidade e utilidade do quesito.

O quadro, a seguir, demonstra os *Fatores de Risco* e os seus *Elementos de Avaliação*:

<i>Fatores de Risco</i>	<i>Elementos de Avaliação</i>
Integridade e Valores Éticos	Comunicação dos valores e do código de ética da entidade.
	Fornecimento de orientação moral para todos colaboradores.
	Eliminação de incentivos e tentações para atos ilegais, antiéticos ou desonestos.
Comprometimento com Competência	Conhecimentos e habilidades necessários para a competência exigida.
	Treinamento dos funcionários para desenvolvimento das funções.
	Experiência necessária para a execução das tarefas.
Políticas e Práticas de Recursos Humanos	Políticas de recrutamento e seleção adequadas para contratar funcionários.
	Orientação sobre a cultura da organização, papéis e responsabilidades.
	Processo de avaliação de desempenho para promoções e remunerações.

(continua)

(continuação)

<i>Fatores de Risco</i>	<i>Elementos de Avaliação</i>
Filosofia e Estilo Operacional da Administração	Forma de assunção e monitoramento dos riscos dos negócios.
	Forma de tratamento dispensado aos principais executivos da entidade.
	Atitudes para com as pessoas das áreas de informática e contabilidade.
Postura para Informações Contábeis	Escolha conservadora ou agressiva dos princípios contábeis.
	Processo de determinação de estimativas contábeis.
	Atitudes e ações para o processo de elaboração de demonstrações contábeis.
Conselho de Administração e Comitê de Auditoria	Independência em relação à diretoria, experiência e estatura empresarial.
	Envolvimento com atividades estratégicas e adequação de ações.
	Natureza e extensão da integração com os auditores internos e independentes.
Atribuição de Autoridade e Responsabilidade	Definição da maneira como, e a quem, atribuir autoridade e responsabilidade.
	Atribuição de responsabilidades aos gestores pela consecução de resultados.
	Responsabilidade por documentação, transações e acessos – ambiente de TI.
Estrutura Organizacional	Estruturas hierárquicas apropriadas ao tamanho da entidade.
	Organograma formal pertinente com a natureza da atividade.
	Estrutura organizacional eficaz na geração de informação contábil.
Ameaças Internas	Capacidade de identificar riscos das alterações no ambiente operacional.
	Capacidade de identificar riscos de novas tecnologias e novos funcionários.
	Deteção de efeitos provocados por mudanças nos sistemas de informações.
Ameaças Externas	Capacidade de identificar ameaças e oportunidades por rápido crescimento.
	Capacidade de identificar riscos por novas atividades, linhas ou produtos.
	Reconhecimento oportuno dos efeitos de novos pronunciamentos contábeis.

(continua)

(conclusão)

<i>Fatores de Risco</i>	<i>Elementos de Avaliação</i>
Restrição de Acessos e Funções	Segregação de funções entre execução, registro e custódia de ativos.
	Controle de acesso físico aos ativos tangíveis.
	Acesso aos controles e informações estratégicas e operacionais.
Controles de Processamento de Informações	Delegação de autorizações das transações e controles pertinentes.
	Controle das aprovações de alterações de sistemas de informações.
	Integridade e exatidão das informações fornecidas pelos controles internos.
Revisões de Desempenho	Elaboração de orçamentos e nível de análises dos gestores.
	Correlações de informações operacionais, econômicas e financeiras.
	Comparações das contagens físicas com registros contábeis e fiscais.
Processamento da Informação	Processamento das transações válidas, integrais, tempestivas e corretas.
	Fornecimentos de trilhas de auditoria completas pelo sistema contábil.
	Documentos hábeis para comprovar transações e arquivos adequados.
Divulgação da Informação	Plano de contas contábeis apropriado para as atividades da entidade.
	Manual de políticas e principais práticas contábeis adotadas.
	Relatórios contábeis e financeiros completos, oportunos e objetivos.
Monitoramento Interno	Avaliação do desenho dos sistemas de controles internos.
	Estrutura organizacional, atuação e resultados da Auditoria Interna.
Supervisão Externa	Implantação de melhorias de controles sugeridos pela Auditoria Externa.
	Aperfeiçoamentos de controles internos requeridos por agências reguladoras.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 7 – Fatores de Risco e seus Elementos de Avaliação

Uma vez estruturada a concepção básica do modelo de avaliação de riscos de controle, compatível com as demandas de entradas e saídas de variáveis discretas e

nebulosas, requeridos pelo modelo Controlador de Lógica Nebulosa, faz-se necessário definir os rótulos sob os quais serão avaliados cada um dos itens e grupos, bem como o estabelecimento da escala de valores que um auditor-avaliador deve utilizar para rotular cada variável (*Elementos de Avaliação*, por exemplo).

O modelo concebido utiliza três espécies de rótulos, sendo dois deles compostos de cinco termos (rótulos) e um composto de três termos. São os seguintes:

- *Muito Bom, Bom, Razoável, Ruim e Péssimo*

Esses rótulos são aplicados aos *Elementos de Avaliação*. Assim, por exemplo, o auditor designará que o elemento “Segregação de Funções”, em uma escala numérica previamente estabelecida de 0 a 100 (poderia ser qualquer outra escala), mereceria o valor 75.

O sistema desenvolvido com base no modelo conceitual em foco, então, inferirá o rótulo, ou os rótulos, que possam traduzir a percepção do avaliador quanto à qualidade de Razoável, Bom ou Muito Bom deste elemento¹⁹.

- *Grande, Média e Pequena*

Estabelecem a importância atribuída pela crença do avaliador aos Fatores de Riscos. Assim, por exemplo, o avaliador pode julgar, considerando todas as evidências de que dispõe, que a importância, por exemplo, da atuação do Conselho de Administração e do Comitê de Auditoria, em uma escala de 0 a 100, também previamente estabelecida, situa-se no valor 80.

¹⁹ O valor de 75 receberá, certamente, um grau de pertinência 0 para os rótulos Péssimo e Ruim.

Essa entrada discreta será interpretada no sistema que opera o modelo como *Grande* ou *Média*, em razão dos graus de pertinência que previamente ele próprio fixara.²⁰

As Figuras 9, 10 e 11 demonstram, graficamente, a concepção do modelo de avaliação de risco de controle. A Figura 9 refere-se ao processo de avaliação do *Risco do Ambiente de Controle*, enquanto a Figura 10 demonstra a avaliação do *Risco dos Outros Componentes do Controle*. A Figura 11 mostra o encerramento de todo o processo, avaliando o *Risco de Controle*, em razão dos dois principais tipos de riscos das duas figuras anteriores, calculado pela fórmula:

$$RC = \frac{(RAC * 3) + (ROC * 2)}{5},$$

em que:

RC = Risco de Controle;

RAC = Risco do Ambiente de Controle e

ROC = Risco de Outros Componentes do Controle.

Os pesos atribuídos aos fatores são decorrentes de julgamento de especialistas consultados quanto à importância que o Risco do Ambiente de Controle tem em relação ao Risco de Outros Componentes do Controle.

²⁰ Novamente: o rótulo Pequena receberia grau de pertinência 0 para o valor 80, na escala numérica de 0 a 100.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 – Modelo Conceitual de Avaliação de Risco do Ambiente de Controle

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10 – Modelo Conceitual Avaliação de Risco dos Outros Componentes de Controle

MODELO CONCEITUAL DE AVALIAÇÃO DE RISCO DOS CONTROLES

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 – Modelo Conceitual de Avaliação Final de Risco de Controle

Além de utilizar a escala de valores e atribuir o grau de pertinência aos termos lingüísticos, o modelo necessita das Regras de Produção para combinar as diversas possibilidades de rótulos resultantes das inferências deduzidas dos *Elementos de Avaliação*, dos *Fatores de Riscos*, das *Classes de Riscos* e dos *Tipos de Riscos*.

Dessa forma, a inferência de que o *Elemento de Avaliação* “Comunicar Valores e Código de Ética” é rotulado com o adjetivo “Bom”, combinado com o termo lingüístico “Muito Bom” do elemento “Fornecer Orientação Moral” e com o rótulo “Razoável” aplicado para o elemento “Eliminar Incentivos e Tentações”, resulta no qualificativo “Bom” para o *Fator de Risco* “Integridade e Valores Éticos”. Como se depreende, as regras utilizadas são do tipo “Se””Então”.

A quantidade de rótulos utilizados determinarão, pelo Princípio Multiplicativo da Análise Combinatória, a quantidade de regras resultantes. Assim, se fossem utilizados os três *Elementos de Avaliação* acima, com a possibilidade de serem qualificados pelos cinco termos lingüísticos (*Muito Bom, Bom, Razoável, Ruim e Péssimo*), ter-se-iam 125 regras de combinação, ou seja, o produto resultante de $5 \times 5 \times 5$.

O uso de uma quantidade grande de termos lingüísticos, como nesse exemplo, traz a desvantagem de gerar um volume significativo de regras de produção. Todavia, a amplitude faz com que a transição de um conceito para outro seja mais suave, com melhores predicados para julgamento. De fato, transitar de “bom” para “razoável” é diferente e mais pobre, em termos comportamentais, do que transitar de “muito bom” para “razoável”, passando por “bom”.

O quadro, a seguir, exemplifica algumas das 125 combinações possíveis nesse exemplo:

<i>Elementos de Avaliação</i>	Termo Lingüístico Avaliado	<i>Fator de Risco</i>	Termo Lingüístico Resultante
Conhecimento e Habilidade	Ruim	<i>Comprometimento com Competência</i>	<i>Bom</i>
Treinamento	Bom		
Experiência	Muito Bom		
Definição de Autoridade e Responsabilidade	Razoável	<i>Atribuição de Autoridade e Responsabilidade</i>	<i>Razoável</i>
Responsabilidade por Resultados	Péssimo		
Autoridade e Responsabilidade em TI	Bom		
Avaliação do Desenho dos Controles	Muito Bom	<i>Monitoramento Interno</i>	<i>Razoável</i>
Auditoria Interna	Péssimo		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 8 – Exemplos de Combinações de Termos Lingüísticos para Avaliação dos Fatores de Riscos

A definição dessas regras é, normalmente, realizada com a ajuda de especialistas. Nessa fase de modelagem conceitual, as regras foram discutidas com alguns profissionais de significativa experiência na atividade de auditoria independente, para aquilatar e refinar as expressões antecedentes e conseqüentes das Regras de Produção.

Discorridos os elementos do modelo conceitual de avaliação de risco de controle, a seguir se explanará uma proposta de aplicação prática.

5.3 - A Operacionalização do Modelo Conceitual

A aplicação prática do modelo conceitual desenvolvido requer a utilização de um *software*, em razão do grande volume de cálculos, decorrentes das Regras de Produção e do processo de “fuzzificação” das entradas discretas atribuídas às variáveis lingüísticas, da inferência e do processo de “defuzzificação” para as conclusões em saídas discretas.

Atualmente existem disponíveis, no mercado, diversos aplicativos de informática para o desenvolvimento de sistemas que utilizam a lógica nebulosa, dentre os quais podem ser citados: *MatLab*, *Fuzzy Logic Pack for Mathematica*, *FuzzyClips*, *FIDE*, *TILL Shell da OEI/Togai Infralogic*, *Cubicalc da Hyperlogic*, *FuzzyCalc*, *FuzzyTech*, dentre outros.

Os artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado consultados, quando efetivamente simulados com o uso de *softwares*, indicaram o *FuzzyCalc*, o *MatLab 6.0* e o *FuzzyTech*. O primeiro é uma referência muito antiga e não possui versão atualizada compatível, por exemplo, com o sistema operacional Windows XP. O segundo é uma opção viável para os propósitos de simulação, tanto quanto o *FuzzyTech*, principalmente a última versão 5.54 disponível.

A decisão de utilizar esse último para programar todos os elementos do modelo conceitual de avaliação de risco de controle foi meramente pela aparente facilidade de manuseio e por tratar de maneira especializada do assunto, já que o *MatLab 6.0* possui outras ferramentas estatísticas e matemáticas.

Embora o *software FuzzyTech 5.54* suporte executar todas as tarefas previstas no modelo conceitual de uma só vez, para os exemplos que adiante serão demonstrados, optou-se por carregar o sistema em etapas, uma vez que facilita, sobremaneira, a visualização na tela do computador da árvore de decisão, dos quadros demonstrativos dos gráficos com os valores resultantes das simulações.

Para os testes práticos do modelo, todavia, conforme dissertado adiante neste trabalho, o sistema foi carregado completamente em apenas duas etapas, para produzir a saída discreta da avaliação do risco do ambiente de controle e da avaliação do risco dos outros componentes de controle.

Para facilitar a visualização específica das árvores de decisão resultantes da programação dos elementos do modelo conceitual para simulação de resultados e, conseqüentemente, permitir a reprodução em papel para ilustração neste trabalho se adotou a opção de carregar o programa em 8 etapas, seguindo a estrutura definida de sete Classes de Risco e de dois Tipos de Riscos.

A seguir, serão explicadas as principais ações e elementos requeridos para operacionalizar o modelo conceitual desenvolvido, bem como serão tecidos comentários sobre os resultados obtidos e situações verificadas.

5.3.1 - A Construção da Árvore de Decisão

O primeiro passo do carregamento do sistema consiste em determinar a árvore de decisão que o sistema utilizará, qual seja, quais são as variáveis lingüísticas de entrada (na primeira ação são os *Elementos de Avaliação*), as variáveis de saída (no caso iniciado seriam os *Fatores de Risco*), qual a escala de valores atribuída a cada variável, as regras de conduta e o tipo de método de implicação e inferência que serão utilizados.

Nesta etapa, deve-se, ainda, definir as variáveis lingüísticas intermediárias, aquelas que combinadas com as variáveis de entrada vão redundar nas variáveis de saída.

Tomando como exemplo a Figura 12, será explanado o funcionamento do modelo, contemplando apenas a primeira etapa: Avaliação do Risco do Ambiente de Controle.

Conforme se nota, a árvore de decisão exemplificativa foi construída para a Avaliação do Risco de Gestão de Pessoas, a primeira Classe de Riscos do modelo apresentado na Figura 9, anteriormente apresentada.

Fonte: Software FuzzyTech 5.54

Figura 12 – Árvore de Decisão da Avaliação do Risco de Gestão de Pessoas

As variáveis lingüísticas de entrada, descritas de forma abreviada para enquadramento no campo reservado pelo *FuzzyTech 5.54*, são as seguintes:

- ComValEti = Comunicar Valores e Código de Ética
- ElimTent = Eliminar Incentivos e Tentações
- FornOriMor = Fornecer Orientação Moral
- ConhHabil = Conhecimento e Habilidade
- Experien = Experiência
- Treinam = Treinamento
- AvalDes = Avaliação de Desempenho e Remuneração
- CulPap = Cultura, Papéis e Responsabilidades
- PolRec = Políticas de Recrutamento e Seleção

O passo realizado, nesse momento, é o de carregar o sistema com as variáveis lingüísticas de entrada. Assim, pela estrutura conceitual estabelecida as três primeiras entradas, quais sejam: ComValEti, ElimTent e FornOriMor, devem apresentar como saída a variável IntegValEti, que é a abreviatura do Fator de Risco denominado “Integridade e Valores Éticos”.

As próximas variáveis de entrada a serem carregadas são: ConhHabil, Experien e Treinam, que redundarão na variável de saída abreviada por ComprComp, que representa o Fator de Risco chamado “Comprometimento com Competência”.

O terceiro e último passo dessa etapa de *inputs* de variáveis lingüísticas consiste na carga daquelas designadas no modelo conceitual por AvalDes, CulPap e PolRec, que redundarão no *output* designado por PolPratRH, ou seja, no Fator de Risco nomeado como Políticas e Práticas de Recursos Humanos.

Nesse momento, o sistema solicitará que se defina qual a escala de valores que se adotará para funcionar como a variável discreta. Assim, essa função equivale, por exemplo, a informar para o sistema qual o intervalo de graus centígrados que se utilizará para a variável lingüística “temperatura”.

No modelo de avaliação de risco de controle, a escala numérica adotada foi a de 0 a 100. A escolha dessa escala um pouco mais ampla do que, por exemplo, uma de intervalo de 0 a 10, ocorreu porque ela permite um horizonte mais amplo de raciocínio subjetivo para associar os termos, ou rótulos, lingüísticos, tais como: “Muito Bom”, “Bom”, “Razoável”, “Ruim” e “Péssimo”. Qualquer outra escala, na

verdade, poderia ser utilizada. Borba (2000), por exemplo, utilizou a escala de 0 a 250, justificando que Steinbart a havia utilizado em seus experimentos e, portanto, recomendava tal amplitude.

Uma vez determinado para o *software* que a variável lingüística “ComValEti” pode assumir valores de 0 a 100, ou seja, que o processo de Comunicação dos Valores e do Código de Ética poderá ser avaliado pelo auditor com uma pontuação que variará de 0 a 100, o passo seguinte será definir a quantidade de termos lingüísticos que se pretende que essa escala represente.

Voltando ao primeiro exemplo da temperatura e dos graus centígrados, nesse instante o sistema requer que se defina que a temperatura poderá ser “fria”, “morna” ou “quente”, ou, ainda, complementada com mais termos, tais como “muito fria” e “muito quente”.

No caso em tela, os adjetivos empregados como rótulos para todos os Elementos de Avaliação (não somente na avaliação do risco de Gestão de Pessoas, mas em todos os tipos de Classes de Riscos) foram cinco, a saber: Muito Bom, Bom, Razoável, Ruim e Péssimo.

Nessa altura, já se pode vislumbrar que o modelo, funcionando com o *software FuzzyTech 5.54*, possibilita que um Elemento de Avaliação, por exemplo, o FornOriMor (Fornecimento de Orientação Moral) possa ser avaliado em uma escala de 0 a 100 que, dependendo do valor atribuído será qualificado com um dos rótulos.

Se o sistema trabalhasse com a lógica clássica e, portanto, utilizando conjuntos *crisp*, os rótulos poderiam ser distribuídos, proporcionalmente, na escala de 0 a 100 e poder-se-ia ter os seguintes conjuntos *crisp*:

0 a 20	Péssimo
21 a 40	Ruim
41 a 60	Razoável
61 a 80	Bom
81 a 100	Muito Bom

Como já visto em capítulo anterior deste trabalho, a lógica nebulosa, todavia, despreza os conjuntos *crisp* por entender que a transição de, diga-se, “Razoável” para “Bom” não pode ocorrer abruptamente ao saltar do número 60 para o 61. Entra, nesse momento, portanto, o grau de pertinência dos termos lingüísticos. Essa função é criada, automaticamente, pelo *FuzzyTech 5.54*, visto que ele já se encontra carregado com os três elementos primordiais, quais sejam, as variáveis lingüísticas (ConhHabil, por exemplo), os termos lingüísticos (Muito Bom etc.) e a escala de valores de 0 a 100.

Continuando na construção da árvore de decisão, o modelo prevê a inclusão de novas entradas, correspondentes às determinações de importâncias para as variáveis de saídas que irão compor o agrupamento denominado Fatores de Risco.

Assim, nesse instante, o desenho do sistema prevê o carregamento das variáveis que, no exemplo adotado, são denominadas GIIntegValEti (Importância da Integridade e dos Valores Éticos), GICompComp (Importância do Comprometimento

com Competência) e GIPolPratRH (Importância das Políticas e Práticas de Recursos Humanos).

De forma similar às entradas anteriores, há necessidade de se definir uma saída para esses três *inputs*. Nesse tópico, o modelo conceitual prevê que a combinação dos Fatores de Risco (por exemplo, o GIIntegValEti (Importância da Integridade e dos Valores Éticos), GICompComp (Importância do Comprometimento com Competência) e GIPolPratRH (Importância das Políticas e Práticas de Recursos Humanos) com o grau de importância atribuído pelo avaliador redunde em nova saída (exemplo: ImplntValEti), que será uma das variáveis que definirão a avaliação das Classes de Riscos (exemplo: RiscGestPes – ou Risco da Gestão de Pessoas).

A escala de valores para esses pares de entradas novas, também, será de 0 a 100, para manter a coerência com a escala anteriormente utilizada. Os rótulos, entretanto, sofrerão dois tipos de alterações: *a)* os rótulos utilizados para as variáveis de entradas dos Fatores de Risco continuarão sendo os cinco anteriores (“Muito Bom”, “Bom” etc.), porém, os rótulos das variáveis de entrada determinantes da **importância** serão apenas três, designadas pelos adjetivos “Grande”, “Média” e “Pequena” e *b)* os rótulos das variáveis de saídas resultantes dessas combinações serão, novamente, cinco, porém com denominações que melhor designam o nível de risco, que são: “Muito Alto”, “Alto”, “Razoável”, “Baixo” e “Muito Baixo”.

O penúltimo passo da construção da árvore de decisão é definir as entradas de Fatores de Risco, para as saídas de Classes de Riscos. Permanecendo no exemplo adotado, as variáveis de entrada, agora, seriam “ImplntValEti” – Integridade e Valores Éticos, “ImpCompComp” – Comprometimento com Competência, e

“ImpPolPratRH” – Políticas e Práticas de Recursos Humanos, todas já avaliadas quanto ao grau “Grande”, “Médio” ou “Pequeno” de importância.

A inferência das três entradas pelo sistema desenhado proporcionará o *output* denominado “RiscGestPessoas” ou seja, o Risco da Gestão de Pessoas.

Por fim, uma vez construída a árvore de decisão até o nível de Classes de Risco, necessário se faz concluir com a apuração do Tipo de Risco.

No modelo conceitual deste trabalho, há dois tipos: Risco do Ambiente de Controle e Risco dos Outros Componentes. O pedaço da citada árvore utilizado como exemplo resulta no Risco do Ambiente de Controle. Este como variável de saída do sistema decorre de três Classes de Risco, a saber: Risco da Gestão de Pessoas, Risco do Modelo de Decisão e Risco da Infra-Estrutura.

Essas classes serão, portanto, as três últimas entradas de variáveis do modelo nesse tipo de risco, que também serão avaliadas pela escala de 0 a 100. Os termos lingüísticos de saída, igualmente, serão os adjetivos: “Muito Alto”, “Alto”, “Razoável”, “Baixo” e “Muito Baixo”.

5.3.2 - O Processo de “Fuzzificação”

O processo de “fuzzificação” transforma os valores numéricos correspondentes às respostas do auditor para as indagações constantes nos Questionário de Fatores de Avaliação de Riscos e Questionário de Importância dos Riscos em entradas nebulosas, imputando-lhes os graus de pertinência para os rótulos “Péssimo”, “Ruim”, “Razoável”, “Bom” e “Muito Bom”, para as respostas numéricas do primeiro questionário e “Grande”, “Média” e “Pequena” para as do segundo questionário.

A Figura 13 abaixo apresenta o resultado da “fuzzificação” da variável “Definição de Autoridade e Responsabilidade” (Elemento de Avaliação do Fator de Risco “Atribuição de Autoridade e Responsabilidade”).

Fonte: Software FuzzyTech 5.54

Figura 13 – Resultado do Processo de “Fuzzificação”

Nessa pequena parte de um exemplo de simulação realizada com o *FuzzyTech 5.54*, o valor da entrada discreta atribuída pelo auditor foi 60²¹, ou seja, em resposta à pergunta “*Definição de autoridade e responsabilidade congruentes com conhecimento e experiência do pessoal e com recursos demandados pelas atividades.*”, o auditor entendeu, em uma escala de 0 a 100, que a sua satisfação com relação ao atendimento dos objetivos dos controles internos para esse elemento de avaliação era de 60 pontos.

Isso informado ao *software*, os termos lingüísticos resultantes do processo de “fuzzificação” dessa entrada discreta foram: “Razoável” com grau de pertinência de 0,40 e “Bom” com grau de pertinência de 0,60.

Observa-se que o *FuzzyTech 5.54* apresenta a entrada nebulosa tanto em números, como em formato de gráfico, para facilidade de entendimento e análise do usuário.

²¹ Nesta etapa de simulação o *software* foi programado para operar com duas casas decimais para os valores das entradas e saídas discretas..

5.3.3 - Regras de Produção

De acordo com a estrutura do Modelo Conceitual de Avaliação de Riscos de Controle, os Fatores de Riscos são determinados por um conjunto de três ou dois Elementos de Avaliação, dependendo do tipo de fator em tela.

A quantidade dos Elementos de Avaliação determina a quantidade de Antecedentes da regra. Assim, continuando a utilizar o exemplo inicial, nesse capítulo, da avaliação do Fator de Risco “Atribuição de Autoridade e Responsabilidade”, a construção das Regras de Produção obedeceria à seguinte estrutura:

SE a Definição de Autoridade e Responsabilidade é (Muito Bom, Bom, Razoável, Ruim, Péssimo) **E**

SE a Responsabilidade por Resultados é (Muito Bom, Bom, Razoável, Ruim, Péssimo) **E**

SE a Autoridade e Responsabilidade em Tecnologia da Informação é (Muito Bom, Bom, Razoável, Ruim, Péssimo),

ENTÃO a Atribuição de Autoridade e Responsabilidade é (Muito Bom, Bom, Razoável, Ruim, Péssimo).

Em razão da quantidade de Antecedentes utilizados (3) e da quantidade de Termos Lingüísticos (5), a análise combinatória das possibilidades de resultados da aplicação das regras resultará em 125 regras. A Figura 14, a seguir, demonstra uma pequena quantidade das possibilidades de regras por serem inferidas pelo sistema.

O *software*, em uso, possui a função de realizar todas as combinações possíveis das regras, permitindo, ainda, que o usuário exclua, inclua ou limite, através da função *Alpha Cut*, as regras que deverão ser acionadas e as que deverão ser desprezadas. O termo DoS que aparece no quadro abaixo significa *Degree of Support*, ou seja, é o grau de verdade que o especialista atribui à regra para a Conseqüente que será gerada. Assim, se o DoS for, por exemplo, “zero”, a regra sequer será acionada. Por outro lado, o valor “1,0” indica que a regra tem 100% de força para gerar a ação conseqüente.

#	IF	DefAutResp	RespResult	THEN	DoS	AtribAutRes
1	Pessimo	Pessimo	Pessimo		1.00	Pessimo
2	Pessimo	Pessimo	Ruim		1.00	Pessimo
3	Pessimo	Pessimo	Razoavel		1.00	Ruim
4	Pessimo	Pessimo	Bom		1.00	Razoavel
5	Pessimo	Pessimo	MuitoBom		1.00	Razoavel
6	Pessimo	Ruim	Pessimo		1.00	Pessimo
7	Pessimo	Ruim	Ruim		1.00	Ruim
8	Pessimo	Ruim	Razoavel		1.00	Ruim
9	Pessimo	Ruim	Bom		1.00	Razoavel
10	Pessimo	Ruim	MuitoBom		1.00	Razoavel
11	Pessimo	Razoavel	Pessimo		1.00	Ruim
12	Pessimo	Razoavel	Ruim		1.00	Ruim
13	Pessimo	Razoavel	Razoavel		1.00	Ruim
14	Pessimo	Razoavel	Bom		1.00	Razoavel
15	Pessimo	Razoavel	MuitoBom		1.00	Razoavel
16	Pessimo	Bom	Pessimo		1.00	Razoavel
17	Pessimo	Bom	Ruim		1.00	Razoavel
18	Pessimo	Bom	Razoavel		1.00	Razoavel
19	Pessimo	Bom	Bom		1.00	Razoavel
20	Pessimo	Bom	MuitoBom		1.00	Bom
21	Pessimo	MuitoBom	Pessimo		1.00	Razoavel
22	Pessimo	MuitoBom	Ruim		1.00	Razoavel
23	Pessimo	MuitoBom	Razoavel		1.00	Razoavel
24	Pessimo	MuitoBom	Bom		1.00	Bom
25	Pessimo	MuitoBom	MuitoBom		1.00	Bom

Fonte: Software FuzzyTech 5.54

Figura 14 – Exemplo de Regras de Produção

Na continuação da Árvore de Decisão do modelo conceitual proposto neste trabalho, a próxima etapa é a definição das Regras de Produção da *Classe de Riscos* e dos *Tipos de Riscos*, considerando os novos termos lingüísticos para a importância dos Fatores de Risco como “Grande”, “Média” ou “Pequena”.

Os *Fatores de Riscos* utilizados até agora como exemplo determinam o Risco da Infra-Estrutura como a *Classe de Risco* a ser avaliada. A essa altura, o sistema já detonou todos os conjuntos de regras pertinentes às avaliações feitas pelo auditor e já definiu as saídas nebulosas para os Fatores de Riscos “Atribuição de Autoridade e Responsabilidade” e “Estrutura Organizacional”.

As regras, prosseguindo no primeiro exemplo adotado, envolvendo apenas duas Antecedentes, seriam, assim, formuladas:

SE a Atribuição de Autoridade e Responsabilidade é Razoável²² e a importância é (Grande, Média, Pequena) **E**

SE a Estrutura Organizacional é Muito Bom e a importância é (Grande, Média, Pequena),

ENTÃO o Risco da Infra-Estrutura é (Muito Alto, Alto, Razoável, Baixo, Muito Baixo).

Para concluir essa etapa do modelo, resta elaborar as regras que permitirão avaliar o Tipo de Risco que decorrerá dos termos lingüísticos obtidos para as Classes de Riscos.

²² Os termos possíveis para cada Antecedente são: Muito Bom, Bom, Razoável, Ruim ou Péssimo. O termo utilizado é meramente um exemplo de construção da Regra de Produção.

Assim, para avaliar o Risco do Ambiente, as regras terão a seguinte conformação, por exemplo:

SE o Risco da Gestão de Pessoas é (Muito Baixo, Baixo, Razoável, Alto ou Muito Alto) **E**

SE o Risco do Modelo de Decisão é (Muito Baixo, Baixo, Razoável, Alto ou Muito Alto) **E**

SE o Risco da Infra-Estrutura é (Muito Baixo, Baixo, Razoável, Alto ou Muito Alto);

ENTÃO o Risco do Ambiente de Controle é (Muito Alto, Alto, Razoável, Baixo, Muito Baixo).

5.3.4 - O Processo de Inferência

O processo de inferência das Regras de Produção é realizado de forma automática pelo *software FuzzyTech 5.54*, após o usuário definir qual o método que será utilizado para determinação da força das conclusões de cada regra disparada.

As opções que o usuário possui são os métodos:

- “Min-Max” – abreviatura de Mínimo e Máximo;
- “Min Avg” - abreviatura de *Minimum Average*, e
- “Gamma” ou *Product*.

Os dois últimos são utilizados em situações específicas e se aplicam quando a Regra de Produção utiliza um *Operador de Média* para o “Min Avg” ou um *Operador de Multiplicação* para o “Gamma”.

No caso simulado para representar este exemplo, a inferência das regras foi feita com a utilização do método “Min-Max”, já que o operador nebuloso utilizado para todo o modelo objeto da tese é o *Operador de Conjunção*.

A Figura 15 abaixo apresenta a janela que o *software* disponibiliza para o usuário selecionar o método de inferência das Regras de Produção.

Fonte: Software FuzzyTech 5.54

Figura 15 – Métodos de Inferência das Regras de Produção

5.3.5 - Definição do Método de “Defuzzificação”

Tal qual o processo anterior, a “defuzzificação” também é realizada, automaticamente, pelo *software*, após o usuário definir qual o método a ser utilizado.

Conforme demonstra a Figura 16 abaixo, o sistema oferece as opções:

- CoM = *Center of Maximum*
- MoM = *Mean of Maximum*
- FastCoA = *Center of Area*
- HyperCom = *Hyper Center of Maximum*
- Fuzzy = (Sem outro significado)

Fonte: Software FuzzyTech 5.54

Figura 16 – Opções de Métodos de “Defuzzificação”

Os três primeiros métodos foram percorridos no capítulo precedente deste trabalho. O método “HyperCom” é de aplicação restrita, quando a ação requerida do Controlador de Lógica Nebulosa envolve tanto experiências negativas na forma de proibições e de ações de cautelas, quanto ações positivas, que é a forma corriqueira dos demais métodos.

Já o método “Fuzzy”, na realidade, não é um método, mas uma função prevista no sistema para que o usuário possa suprimir o cálculo de “defuzzificação” de uma variável de saída específica (ou de quantas programar).

Para os propósitos desta simulação exemplificativa, a escolha deveria recair sobre um dos três primeiros métodos e, segundo as recomendações de alguns pesquisadores dessa técnica, dentre eles Von Altrock (1997), no campo das ciências sociais aplicadas e dos sistemas de informações para o processo de decisão, foi eleito o método CoM – *Center of Maximum*, ou Centro de Gravidade, para a “defuzzificação” de todas as variáveis de saída do modelo de avaliação de risco de controle em auditoria.

5.3.6 - As Saídas Discretas

Completadas todas as etapas de processamento, o sistema apresenta as saídas discretas. Assim, tomando como exemplo a apuração da Classe de Risco denominada “Risco do Modelo de Decisão”, a Figura 17, a seguir, demonstra todos os valores discretos de entradas atribuídos pelo auditor, através das respostas psicométricas aos Questionários de Avaliação dos Fatores de Riscos de Controle Interno e Questionário de Determinação da Importância dos Fatores de Riscos de Controle Interno, apresentados no Anexo I e II e os valores discretos de saídas resultantes do processo:

Inputs:		Outputs:	
AprTamEnt	0.00	AtribAutResp	0.00
AtDemCon	60.00	ComprComp	0.00
AtitPesCon	90.00	ConseComit	60.00
AutRepTI	0.00	EstrutOrgan	0.00
AvalDes	0.00	FilosAdmin	90.00
ComValEti	0.00	ImpAtriAutRes	(0.00)
ConhHabil	0.00	ImpCoAdCAud	50.00
CulPap	0.00	ImpCompComp	(0.00)
DefAutRe	0.00	ImpEstruOrga	(0.00)
DetEstim	70.00	ImpFiloEstAdm	88.10
EtiGerInf	0.00	ImpIntValEtic	(0.00)
ElimTent	0.00	ImpPoliPraRH	(0.00)
EnvAdAc	60.00	ImpPostInfoCo	68.75
EscoPCGA	70.00	IntegValEti	0.00
Experien	0.00	PolPratRH	0.00
ForMonRis	80.00	PostInfor	68.75
ForOriMor	0.00	RiscAmbControl	(0.00)
ForTraExe	70.00	RiscGestPessoas	(0.00)
GIATRAutResp	0.00	RiscInfrEstr	(0.00)
GICompCompe_	0.00	RiscModDecis	40.00
GIConseComit	50.00		
GIEstrOrgan	0.00		
GIFiloAdm	95.00		
GIIntegValEti	0.00		
GIPolPratRH	0.00		
GIPostInfor	90.00		
IndExp	60.00		
IntAudit	70.00		

Fonte: Software FuzzyTech 5.54

Figura 17 – Valores Discretos de Entradas e Saídas

Observa-se que os *inputs*, no lado esquerdo do quadro, apresentam o nome das variáveis lingüísticas de entradas, como por exemplo:

- AtDemCon - Abreviatura de “Atitudes e ações para o processo de elaboração de demonstrações contábeis”.
- AtitPesCon - Abreviatura de “Atitudes para com as pessoas das áreas de informática e contabilidade”.

Os valores ao lado das abreviaturas citadas, respectivamente 60,00 e 90,00, referem-se à avaliação atribuída pelo auditor a esses elementos. Ao todo, de acordo com a estrutura do modelo conceitual de avaliação de risco em pauta, a Classe de Risco “Risco do Modelo de Decisão” requer doze entradas, sendo nove correspondentes aos Elementos de Avaliação e três pertinentes ao módulo de avaliação do grau de importância que têm os Fatores de Riscos para essa Classe de Riscos.

O lado direito da figura acima apresenta as saídas discretas do processo de “defuzzificação” do sistema e correspondem à avaliação do Risco do Modelo de Decisão e dos seus *Fatores de Risco*. Como se constata nesta simulação, o Risco do Modelo de Decisão foi avaliado em 40,00 pontos, no âmbito de uma escala de valores de 0 a 100

O modelo desenvolvido preconiza que as saídas finais do sistema devem ser um valor específico para o Risco do Ambiente de Controle e outro valor específico para o Risco dos Outros Componentes de Controle.

A Figura 18, apresentada a seguir, evidencia os resultados da simulação de avaliação do Risco do Ambiente de Controle, contemplando todos os valores atribuídos, a esmo, tanto para os Elementos de Avaliação como para a importância dos Fatores de Riscos:

Inputs:	Outputs:
AprTamEnt 50.00	AtribAutResp 60.00
AtDemCon 60.00	ComprComp 93.75
AtitPesCon 90.00	ConseComit 60.00
AutRepTI 60.00	EstrutOrgan 50.00
AvalDes 60.00	FilosAdmin 90.00
ComValEti 90.00	ImpAtriAutRes 60.00
ConhHabil 90.00	ImpCoAdCAud 50.00
CulPap 70.00	ImpCompComp 88.89
DefAutRe 60.00	ImpEstruOrga 50.00
DetEstim 70.00	ImpFiloEstAdm 88.10
EfiGerInf 55.00	ImplntValEtic 81.25
ElimTent 50.00	ImpPoliPraRH 68.75
EnvAdAc 60.00	ImpPostInfoCo 68.75
EscoPCGA 70.00	IntegValEti 81.25
Experien 100.00	PolPratRH 68.75
ForMonRis 80.00	PostInfor 68.75
FormOriMor 80.00	RiscAmbControl 25.00
ForTraExe 70.00	RiscGestPessoas 11.11
GIAtiAutResp 60.00	RiscInfrEstr 40.00
GICompCompe_ 90.00	RiscModDecis 40.00
GIconseComit 50.00	
GIEstrOrgan 70.00	
GIFiloAdm 95.00	
GIntegValEti 100.00	
GIPolPratRH 80.00	
GIPostInfor 90.00	
IndExp 60.00	
IntAudit 70.00	
PerNatAtiv 40.00	
PolRec 70.00	
RespResu 50.00	
Treinam 70.00	

Fonte: Software FuzzyTech 5.54

Figura 18 – Entradas e Saídas Discretas do Risco do Ambiente de Controle

Nesta simulação efetuada somente para fins exemplificativos, o Risco do Ambiente de Controle apurado foi de 25,00 pontos, na citada escala de 0 a 100, conforme evidenciado. Significa, portanto, um *rating* apurado pelo aplicativo, para este tipo de risco.

A Figura 19, a seguir, apresenta as entradas e saídas discretas da simulação de avaliação do Risco dos Outros Componentes do Controle:

Inputs:		Outputs:	
AceContInf33	80.00	AmeacExt	85.00
AceFisAti32	70.00	AmeacInt	90.00
AgemRegul49	70.00	AtivControle	35.00
AltAmbOp25	70.00	AvalRisco	23.07
AprAltSist35	85.00	ContProclnf	90.00
AtivLinPro29	80.00	DivullInfo	80.00
AuditExt48	70.00	ImpAmeacExt	80.43
AuditInt47	0.00	ImpAmeacInt	75.00
AutoTrans34	80.00	ImpConProclnf	84.78
AvalDese46	50.00	ImpDivInfo	73.68
ComFiReg39	10.00	ImpMonInt	25.00
CorrellInfo38	85.00	ImpProclInfo	84.78
CrescRap28	65.00	ImpReAceFun	55.00
DocHab42	85.00	ImpRevDesem	60.00
ElabAnOrc37	90.00	ImpSupervExt	64.28
GIAmeacExt	85.00	InfoComun	23.52
GIAmeacInt	60.00	MonitInt	25.00
GIContProclInfo	85.00	Monitoramento	50.00
GIDivullInfo	75.00	ProcesInfo	90.00
GIMonInt	95.00	ResAcesFunc	55.00
GIProcesInfo	85.00	RevDesemp	60.00
GIResAcesFunc	90.00	RiscOutrComp	37.50
GIRevDesemp	80.00	SupervExt	70.00
GISuperExt	70.00		
IntExalInfo36	90.00		
ManPoPra44	70.00		
MudSisInf27	90.00		
PlanoCont43	75.00		
ProcTrans40	85.00		
PronCont30	85.00		
RelatFin45	80.00		
SegrFunc31	30.00		
TecRHNo26	90.00		
TrilhAudit41	90.00		

Fonte: Software FuzzyTech 5.54

Figura 19 – Entradas e Saídas Discretas do Risco de Outros Componentes

A seta indica na Figura 19 acima o *rating* de 37,50 apurado para a simulação efetuada para a avaliação do Risco dos Outros Componentes do Controle. Os demais valores apurados na coluna do lado direito referem-se às saídas discretas dos demais itens (*Fatores e Classes*) que compõem este *Tipo de Risco*, enquanto que os valores da esquerda são os pontos atribuídos pretensamente para os *Elementos de Avaliação* e para a importância dos fatores que compõem o Risco dos Outros Componentes do Controle.

Conforme a estrutura conceitual estabelecida, o modelo de avaliação prevê que o Risco dos Controles é apurado pela seguinte fórmula:

$$RC = \frac{(RAC * 3) + (ROC * 2)^{23}}{5}$$

Assim, como produto final dessa simulação meramente exemplificativa, apurou-se o *rating* de 30,00 para o Risco de Controle.

Utilizando a regra preconizada pela SAS 39 (AU 350.48) do AICPA, de apuração do Risco de Auditoria (*Audit Risk – AR*), qual seja, $AR = IR \times CR \times AP \times TD$, o valor apurado de 30,00 é inserido na função como o fator numérico do componente CR – *Control Risk*.

²³ RC = Risco de Controle; RAC = Risco do Ambiente de Controle e ROC = Risco dos Outros Componentes do Controle

6- TESTES PRÁTICOS DO MODELO CONCEITUAL

6.1 – Forma de Aplicação dos Testes

O modelo de avaliação de riscos de controle programado no aplicativo *FuzzyTech* 5.54 foi testado junto a auditores independentes em atividade em São Paulo, quanto à sua viabilidade de operação e capacidade de oferecer respostas consistentes com os objetivos para os quais foi concebido.

Esses testes foram realizados em duas etapas, sendo uma considerada preliminar e a outra definitiva. Os propósitos para tal estratégia serão comentados adiante, já que se faz necessário registrar o esquema geral adotado para a realização de ambas as aplicações, para permitir melhor compreensão.

O processo dos testes práticos iniciou-se com uma explanação para os auditores que fariam a avaliação do problema identificado pelo autor como demandante de estudos e proposta de tentativa de resolução. Cabe enfatizar que essa exposição inicial serviu como reforço de consolidação das pesquisas prévias realizadas conforme comentado no item **2.3 – Pesquisa sobre Métodos de Avaliações de Risco de Controle Utilizados** deste trabalho, já que nessa etapa foram envolvidos diversos profissionais que não participaram da fase exploratória citada.

Uma vez conhecendo e manifestando aquiescência com o problema de pesquisa, foram apresentados a eles os conceitos elementares da lógica nebulosa como a ferramenta que, de acordo com a hipótese aqui suscitada, seria capaz de solver a questão-tema.

Subseqüentemente, explanou-se a respeito da estrutura do modelo conceitual desenvolvido, utilizando como recurso didático os quadros da **Figura 9 – Modelo Conceitual de Avaliação de Risco do Ambiente de Controle**, da **Figura 10 – Modelo Conceitual de Avaliação de Risco dos Outros Componentes de Controle** e da **Figura 11 – Modelo Conceitual de Avaliação Final de Risco de Controle**, apresentados anteriormente neste trabalho no capítulo **5 – MODELO DE AVALIAÇÃO DE RISCO DE CONTROLE USANDO A LÓGICA NEBULOSA**.

Encerrada a parte teórica do encontro, foi apresentado o *software FuzzyTech 5.54* e suas principais funções, já programado com a árvore de decisão do modelo e com as regras de controle geradas pelo sistema e modificadas e validadas pelos especialistas consultados. Nessa ocasião, os auditores foram convidados a atribuir valores na escala pré-estabelecida de 0 a 100, de forma hipotética para alguns Elementos de Avaliação escolhidos aleatoriamente, para redundar em dois ou três Fatores de Risco.

Utilizando a função “debug” do sistema, os valores da escala psicométrica atribuídos pelos entrevistados foram registrados no aplicativo e este, imediatamente, apresentava as saídas discretas geradas, ou seja, os valores “defuzzificados” que representam na escala adotada a expressão numérica da avaliação dos Fatores de Riscos feitas pelos auditores entrevistados.

Uma vez explicado o modelo conceitual e o funcionamento da ferramenta que o operacionaliza, foram apresentados os dois questionários – **ANEXO I** –

Questionário de Avaliação dos Fatores de Riscos de Controle Interno e ANEXO

II – Questionário da Determinação da Importância dos Fatores de Riscos de

Controle Interno - que coletam os valores da escala psicométrica necessários para introduzir as entradas discretas no controlador nebuloso, conforme as notas de avaliação atribuídas pelos auditores para cada elemento. Ambos os questionários possuem instruções formais que permitem o correto preenchimento, todavia, foi demonstrada de forma amostral, a relação entre os tópicos dos questionários e a árvore de decisão do aplicativo de informática utilizado.

Embora a escolha das empresas auditadas que fariam parte da amostra fosse uma prerrogativa dos auditores-colaboradores, solicitou-se a eles que procurassem selecionar entidades de diferentes ramos de atividade e avaliadas originariamente com níveis distintos de controle.

Para encerrar as explicações e demandas aos entrevistados, foi enfatizada a necessidade de completa identificação pessoal, nos termos constantes em quadro específico de cada questionário, assim como a informação do ramo de atividade da entidade selecionada²⁴ e o nível de risco apurado na ocasião do desenvolvimento dos seus exames, utilizando a metodologia de trabalho das empresas da qual fazem parte.

Após o recebimento dos questionários devidamente preenchidos, os valores lá constantes foram inseridos no aplicativo e obtidos os resultados das avaliações de

²⁴ Como meio de viabilizar a pesquisa, foi oferecida antecipadamente a dispensa de se conhecer o nome da entidade auditada e as demonstrações contábeis a que se refere a avaliação. Todos os auditores entrevistados se identificaram e responderam aos itens de forma completa.

risco sob a configuração da lógica nebulosa. Para todos os casos processados, foi acionada a função de geração de documentação do sistema, que resultou na descrição detalhada de todos os dados inseridos, as regras de controle geradas e detonadas e as saídas discretas resultantes, apresentadas de forma descritiva e através de gráficos, para facilitar análises e conferências de valores inseridos.

Finalizando essas etapas, os resultados foram compilados e são apresentados, a seguir, juntamente com as principais observações pertinentes a cada etapa.

6.2 – Testes Preliminares e Finais do Modelo Concebido

Os testes de viabilidade de operação e validação lógica do modelo programado no *software* de lógica nebulosa foram realizados, preliminarmente, com o uso do banco de dados próprio²⁵ e com o concurso de supervisores de auditoria vinculados, profissionalmente, ao autor e, posteriormente, envolvendo banco de dados e profissionais de diversas outras empresas de auditoria independente.

Os testes preliminares foram realizados em uma amostra de 10 empresas médias e grandes, de variados ramos de atividade, que tiveram suas demonstrações contábeis auditadas no período de 2002 a 2003, com o auxílio dos supervisores citados, que atribuíram valores de 0 a 100 para os elementos de avaliação e fatores de riscos contidos nos questionários dos Anexos I e II, anteriormente citados.

Na etapa conclusiva da validação operacional do modelo desenvolvido, os testes foram realizados com base no banco de dados de seis empresas de auditoria independente, sendo que dessa população fizeram parte as representantes brasileiras de três das quatro principais empresas mundiais de auditoria (as denominadas *big four*) e três empresas de atuação nacional, com expressiva participação no mercado, possuindo diversas companhias abertas nas suas carteiras de clientes. A amostra é composta de 21 entidades auditadas, de porte médio e grande e de diversos ramos de atividade, escolhidas de forma aleatória pelos colaboradores da pesquisa.

²⁵ O banco de dados consiste do conjunto de papéis de trabalho que os auditores mantêm em arquivo, de forma compulsória segundo as normas de auditoria, visando comprovar o resultado de suas conclusões e dos seus pareceres.

Os questionários desenvolvidos para suportar o processo de avaliação de risco de controle pela lógica nebulosa foram respondidos por auditores independentes experientes, ocupando posições tais como *sênior*, gerente e diretor de auditoria e tomando como base os papéis de trabalho de projetos de auditoria de demonstrações contábeis em que atuaram e, portanto, haviam feito avaliações de risco de controle para suportar a natureza, extensão e oportunidade dos seus procedimentos de auditoria. As finalidades dos testes foram:

- Comparar os resultados gerados com a aplicação da lógica nebulosa com aqueles gerados pelas avaliações realizadas com o emprego de questionários de respostas binárias “sim” ou “não” para quesitos utilizados originariamente pelos auditores independentes partícipes da pesquisa, nas entidades auditadas da amostra selecionada que em essência, são muito similares aos que embasam os *Elementos de Avaliação* do modelo desenvolvido;
- Compreender melhor, principalmente na etapa de testes preliminares, a operação do aplicativo com uma grande massa de dados, não tanto de alimentação, mas principalmente, de processamento, já que a análise combinatória das probabilidades de resultados proporcionou elevada quantidade de regras de produção. Recorde-se que o modelo é composto de quase meia centena de *Elementos de Avaliação*, combinando, na maioria dos *Fatores de Riscos*, três antecedentes com cinco termos lingüísticos;
- Identificar dúvidas e questionamentos, vantagens, limitações e críticas pertinentes, para eventuais sugestões de aperfeiçoamento no modelo

conceitual e nos itens programáveis do *software* utilizado, em decorrência da aplicação prática e comparativa dos conceitos e modelos de avaliação a que os auditores-colaboradores estão acostumados no cotidiano de suas vidas profissionais, tanto do conteúdo da base - elementos de avaliação e importância dos fatores de riscos – quanto dos resultados inferidos pelo aplicativo de informática usado;

Os quadros, a seguir, resumem os principais dados componentes e os resultados comparativos obtidos nos testes preliminares e nos testes finais do modelo concebido:

RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES DE RISCO DE CONTROLE			
Etapa Preliminar - Banco de Dados do Autor			
Nº	Ramo de Atividade da Entidade Auditada	Avaliação do Risco de Controle	
		Risco Original Apurado pelo Auditor Independente	Risco Apurado pelo Método da Lógica Nebulosa
1	Transporte Coletivo Urbano	Alto	73
2	Fundação sem Fins Lucrativos	Médio	44
3	Coleta de Resíduos Sólidos	Baixo	23
4	Supermercado	Médio	31
5	Concessionária de Veículos	Médio	28
6	Administradora de Imóveis	Baixo	9
7	Construção Civil	Médio	39
8	Concessionária de Rodovias	Baixo	6
9	Indústria Gráfica	Baixo	18
10	Agropecuária	Médio	35

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Quadro 9 – Resultado das Avaliações de Risco de Controle
– Etapa Preliminar – Banco de Dados do Autor**

RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES DE RISCO DE CONTROLE					
Etapa Final - Banco de Dados de Terceiros					
Nº	Empresa de Auditoria	Cargo do Auditor	Ramo de Atividade da Entidade Auditada		
				Risco Original Apurado pelo Auditor	Risco Apurado pelo Método da Lógica Nebulosa
1	A	Top Senior	Instituição Financeira	Maior que normal	20
2	B	Gerente	Catering	Moderado	42
3	B	Gerente	Instituição Financeira	Baixo	26
4	B	Gerente Senior	SPE - Financeira	Alto	52
5	C	Senior	Seguros e Previdência	Baixo	17
6	C	Senior	Indústria e Holding	Moderado	27
7	C	Gerente	Alumínio	Baixo	23
8	C	Gerente	Papel e Celulose	Baixo	11
9	C	Semi-Senior	Instituição Financeira	Baixo	25
10	C	Senior	Instituição Financeira	Baixo	15
11	C	Senior	Indústria	Baixo	14
12	C	Gerente	Tecnologia e Comunicação	Baixo	11
13	D	Diretor	Indústria - Laticínio	Moderado	26
14	D	Diretor	Indústria - Vidraria	Moderado	32
15	D	Diretor	Laboratório Farmaceutico	Moderado	24
16	E	Diretor	Instituição Financeira	Médio	15
17	E	Diretor	Fabric.Montagem Estruturas	Médio	69
18	E	Diretor	Industria Eletro-Mecanica	Baixo	28
19	F	Gerente	Agência de Fomento	Moderado	48
20	F	Gerente	Entidade Filantrópica	Alto	58
21	G	Gerente	Indústria Gráfica	Baixo	14

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 10 – Resultado das Avaliações de Risco de Controle – Etapa Final – Banco de Dados de Terceiros

As empresas denominadas “A”, “B” e “C” são as representantes brasileiras dos escritórios de atuação global conhecidos como *big four*.

A coluna “Risco Apurado pelo Método da Lógica Nebulosa” nos Quadro 9 e 10 anteriores, aponta o *rating* obtido na escala de 0 a 100 para o Risco de Controle das entidades avaliadas. Os valores foram gerados originariamente com duas casas decimais, porém para melhor visualização dos resultados, os décimos foram aproximados para o número subsequente, quando igual ou superior a 0,50.

A Figura 20 abaixo demonstra a posição equivalente dos termos “Muito Baixo”, “Baixo”, “Razoável”, “Alto” e “Muito Alto”, utilizados no modelo de avaliação pela lógica nebulosa, na escala psicométrica adotada e poderá proporcionar elementos visuais para melhor compreensão dos comentários subseqüentes:

Fonte: Software FuzzyTech 5.54

Figura 20 – Posição dos Termos Linguísticos na Escala Psicométrica

Como se depreende, alguns casos apresentam incongruências entre o termo lingüístico atribuído originalmente pelo auditor ao risco avaliado para os controles da entidade e o *rating* apurado pela metodologia de avaliação com o uso da lógica nebulosa. São exemplos notórios os casos de números 1 e 17 constantes no Quadro 10 anterior, em que observa-se que os conceitos atribuídos ao final dos processos originais realizados pelos dois auditores não condizem com os conceitos atribuídos individualmente a cada Elemento de Avaliação de Riscos, por meio de

valores de 0 a 100 da escala psicométrica. Um indício que poderia ser obtido intuitivamente desta situação é que ao transformarem os seus julgamentos em valores numéricos, os auditores agiram de maneira incoerente com a postura que adotaram quando fizeram, originalmente, suas avaliações utilizando apenas os termos lingüísticos.

Nos demais casos, as avaliações por um método ou por outro guardam aparente consistência, sendo que alguns itens – de números 4 e 20, por exemplo – aparentemente, foram julgados com maior conservadorismo pelos auditores nas suas análises originais e, pelo método da lógica nebulosa, tal postura não se configurou de maneira acentuada.

Cabe registrar, todavia, que o objetivo desta pesquisa não contempla a investigação das razões de mudanças comportamentais dos avaliadores.

6.3 – Constatações Extraídas dos Testes Aplicados

As principais constatações obtidas em ambas as etapas foram substancialmente similares e podem ser assim resumidas:

- A comparação dos resultados das avaliações de riscos feitas com o modelo de lógica nebulosa e com os métodos originais dos auditores participantes da pesquisa, apresentados nos Quadros 1 e 2 anteriores, aponta, de forma intuitiva, que os resultados demonstrados sob forma numérica (“defuzzificados”) guardam consistência, na maioria dos casos testados, com os resultados originariamente apurados.

De fato, se for considerado que o norte de todo o processo de avaliação foi uma escala numérica de 0 a 100, é razoável entender que, por exemplo, o valor 48 está condizente com o conceito “moderado”, assim como o valor 6 é compatível com a atribuição original de risco de nível “baixo”.

- Os elementos de avaliação e a concepção do modelo foram de plena aceitação e concordância dos auditores independentes envolvidos neste trabalho.

A premissa de estabelecer uma base científica, com a utilização de um método quantitativo para o processo de avaliação de risco de controle *versus* as análises consubstanciadas apenas na sensibilidade profissional foi bem aceita por tais profissionais, em consonância com a mesma reação

anteriormente obtida dos sócios e gerentes de empresas de auditoria entrevistados, conforme exposto no capítulo **2 - AUDITORIA CONTÁBIL E OS RISCOS DOS CONTROLES INTERNOS** - item **2.3 - Pesquisa sobre Métodos de Avaliações de Risco de Controle Utilizados;**

- As atribuições de valores de 0 a 100 para os elementos de avaliação não se constituíram em nenhum obstáculo para os profissionais, já que refletiram a transposição numérica do julgamento de atributos como “baixo”, “moderado”, “alto” etc, que cada um havia feito anteriormente para a avaliação de risco original com o uso de suas metodologias de trabalho;
- Alguns auditores manifestaram dúvidas na determinação da importância dos Fatores de Riscos para a apuração das Classes de Riscos, fato de certa forma aguardado, já que esse tipo de análise não é explícita na metodologia de avaliação que utilizam normalmente.

As dúvidas identificadas foram sanadas e, em dois casos, foram refeitas as avaliações originais formalizadas no questionário do Anexo II;

- A crítica saliente à aplicação do modelo é quanto à falta de familiaridade com o arcabouço conceitual da lógica nebulosa e quanto às dificuldades cognitivas que as funções de “fuzzificação”, “inferência” e “defuzzificação” representam para os indivíduos que não se aprofundaram na matéria.

De fato, não somente os conceitos de lógica nebulosa normalmente não fazem parte do cabedal de conhecimentos desses profissionais, como também, através apenas de observações empíricas, não se identificam nos seus procedimentos usuais de auditoria os diversos métodos quantitativos disponíveis atualmente, cuja aplicação se encontra bem disseminada nas áreas de controladoria, contabilidade de custos, orçamento etc.

Essas observações não científicas indicam que até mesmo a amostragem estatística é freqüentemente substituída por amostragem por julgamento nos procedimentos substantivos e testes de observância.

- Para finalizar as constatações vinculadas ao modelo conceitual especificamente, a equação final de ponderar os valores obtidos na avaliação do risco do ambiente e do risco de outros componentes foi objeto de observações quanto aos pesos atribuídos a cada fator.

Embora concordando com a diferença de importância dos dois tipos de riscos na formação do risco de controle, um dos profissionais não atribuiria pesos tão próximos, uma vez que entende que o risco do ambiente de controle deve ter maior representatividade.

- Quanto aos aspectos operacionais em si do sistema, observou-se que o *software FuzzyTech 5.54* é de fácil manuseio, com bons recursos de auxílio ao usuário e com um conjunto de recursos gráficos e visuais que facilitam, sobremaneira, o entendimento do processo e dos resultados apurados.

7 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A proposta deste estudo foi a construção de um modelo para avaliação dos riscos de controles internos, no âmbito de um processo de auditoria de demonstrações contábeis, calcado no método quantitativo conhecido como lógica nebulosa e visando possibilitar a contemplação de elementos de avaliação incertos e difusos que compõem, de maneira representativa, os fatores de riscos analisados pelos auditores independentes.

Para simulação e testes de funcionamento do modelo, utilizou-se um *software* (*FuzzyTech 5.54*) e a validação conceitual e operacional foi realizada tanto através de debates e consultas a especialistas, obras literárias e alguns manuais práticos de metodologia de trabalho de auditoria, quanto pela utilização de uma massa de dados para processamento e análise comparativa dos resultados de casos práticos de entidades que tiveram seus sistemas de controles internos avaliados por algumas das principais empresas de auditoria independente atuantes no Brasil, para emissão de parecer sobre as demonstrações contábeis.

Os tópicos conclusivos decorrentes deste estudo, bem como suas vantagens, são os seguintes:

- As evidências coletadas em decorrência dos testes aplicados permitem a aceitação da hipótese de trabalho, bem como indicam que o modelo concebido com o uso da lógica nebulosa contempla os aspectos ambíguos e incertos inerentes ao ambiente da operação e aos elementos dos

processos de controle, possibilitando a avaliação sistematizada e racional dos riscos dos sistemas de controles internos de uma entidade para o escopo da auditoria independente de demonstrações contábeis;

- O modelo elimina a restrição binária de respostas “sim” ou “não” para questionários de avaliação de risco que, preponderantemente, sustentam as metodologias de trabalho das empresas de auditoria independente pesquisadas, possibilitando incorporar respostas com maior amplitude, tais como: “freqüentemente sim”, “nem sempre” etc, que são traduzidas para uma escala numérica previamente fornecida, em que o “sim” estaria no início da contagem (zero, por exemplo) e o “não” estaria ao final da escala (100, por exemplo), deixando o meio para o apontamento das respostas intermediárias entre o positivo e o negativo, conforme melhor refletir o julgamento do avaliador;
- A lógica nebulosa permitiu tratar, de forma numérica, predicados tais como “bom”, “razoável”, “de grande importância”, por meio da aplicação de uma escala psicométrica;
- Como decorrência desses adequados tratamentos, o resultado da avaliação é expresso em um valor numérico que representa o risco de controle avaliado em uma entidade, no curso de uma auditoria de demonstrações contábeis e pode ser utilizado como o fator RC na função de avaliação do risco de auditoria $RA = RI (x) RC (x) RD$, orientada pelo *AICPA* e base dos

processos largamente empregados pelos auditores independentes nesse tipo de auditoria;

- O modelo conceitual se mostrou plenamente operacional e, portanto, aplicável na atividade de auditoria independente de demonstrações contábeis.

Um aspecto que pode ser observado como uma limitação do modelo desenvolvido é que sua aplicação não elimina o elemento “julgamento profissional” que está na base de todo o processo de avaliação de risco de controle, em qualquer metodologia de trabalho empregada pelos auditores independentes.

Como eventual desvantagem poderia ser aqui reconhecida a necessidade de capacitar os auditores-avaliadores nos conceitos de lógica nebulosa e a operar com esse aplicativo de informática ou com outros congêneres que, pelo menos atualmente, são poucos e não popularizados, como, por exemplo, as planilhas eletrônicas e editores de texto.

O potencial de aplicação de versões ampliadas e aperfeiçoadas do modelo em questão, assim como da lógica nebulosa e de outros métodos quantitativos em processos de auditoria independente que podem ser vislumbrados seriam, como exemplo, os seguintes:

- A estrutura conceitual pode ser ampliada para incorporar novos elementos de avaliação de riscos e até mesmo conceitos, como temporariamente ocorre

com edições de pronunciamentos de entidades reguladoras, tais como o COSO, IFAC, AICPA, IBRACON etc;

- O modelo pode agregar elementos mais detalhados e específicos, voltados para a avaliação das atividades de controle²⁶, normalmente agrupadas nos métodos tradicionais de trabalho das empresas de auditoria em ciclos operacionais, como, por exemplo, o ciclo de Compras e Desembolsos, de Receitas, de Recursos Humanos etc. Poder-se-ia, ainda, vincular essas avaliações detalhadas com as asserções contidas nas contas e classes de transações das demonstrações contábeis, tais como: propriedade, existência, ocorrência etc.;
- Os elementos de avaliação e o resultado de um modelo com a mesma tipologia podem estar voltados especificamente para a sinalização de ocorrência de fraudes nas demonstrações contábeis ou, até mesmo, para desvios que podem não causar impacto direto, imediato e significativamente na posição econômica e financeira da entidade, mas podem gerar prejuízos de imagem, credibilidade e outros com potenciais pecuniários futuros;
- Outros métodos quantitativos, tais como as redes neurais e os algoritmos genéticos, poderiam ser aplicados em modelos de avaliações de risco de controle, tendo como base o presente modelo, ou desenvolvidos para aplicações similares em processos de auditoria.

²⁶ Um dos cinco componentes do controle, segundo o COSO e o AICPA e que no modelo desenvolvido é considerado uma das Classes de Risco que compõem o Risco dos Outros Componentes de Controle.

Finalizando, espera-se que o presente estudo possa contribuir para a Ciência Contábil e mais especificamente para o campo da auditoria das demonstrações contábeis, à medida que visou trazer e demonstrar a viabilidade da aplicação prática de um instrumento das Ciências Exatas para tentar mensurar elementos típicos das Ciências Sociais Aplicadas. Naturalmente, em razão do seu caráter inovador, tanto a proposta do estudo em si, como o modelo conseqüente gerado, demandam o envolvimento de pesquisadores também de outras disciplinas para melhorar e ampliar as oportunidades de aplicação na atividade de auditoria e outras similares.

8 – BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN INSTITUTE OF CERTIFIED PUBLIC ACCOUNTANTS – AICPA.** **AICPA Professional Standards - Vol. 1 - U.S. Auditing Standards - Attestation Standards.** New York: AICPA, 1997.
- ANDRADE, Maria Margarida de.** **Como Preparar Trabalhos para Cursos de Pós-Graduação: Noções Práticas.** São Paulo: Editora Atlas, 1995.
- ANDRADE, Eduardo Leopoldino de.** **Introdução à Pesquisa Operacional – Métodos e Modelos para a Análise de Decisão.** 2ª Edição. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000.
- ANTUNES, Jerônimo.** **Contribuição ao Estudo da Avaliação de Risco e Controles Internos na Auditoria de Demonstrações Contábeis no Brasil.** São Paulo, 1998. Dissertação (Mestrado em Contabilidade e Controladoria) - Departamento de Contabilidade e Atuária da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.
- ARENS, Alvin A. e LOEBBECKE, James K.** **Auditing – An Integrated Approach.** 7th Edition. New Jersey: Editora Prentice-Hall, Inc, 1997.
- BAILEY, Larry P.** **GAAS Guide.** San Diego: Editora Harcourt Brace & Company, 1997.
- BERNSTEIN, Peter L.** **Desafio aos Deuses: A Fascinante História do Risco.** Tradução Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1997.
- BITTENCOURT, João R. e OSÓRIO, Fernando.** **FuzzyF – Fuzzy Logic Framework: Uma Solução Software Livre para o Desenvolvimento, Ensino e Pesquisa de Aplicações de Inteligência Artificial Multiplataforma.** São Leopoldo, 2003. Trabalho Acadêmico para a Disciplina Ciência da Computação do Programa de Mestrado em Computação Aplicada do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.
- BOJADZIEV, George and BOJADZIEV, Maria.** **Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management.** Singapore: World Scientific, 1997.
- BORBA, José Alonso.** **A Lógica Nebulosa (Fuzzy Logic) Aplicada na Contabilidade: Um Modelo para os Julgamentos de Materialidade no Planejamento da Auditoria.** São Paulo, 2000. Tese (Doutorado em Contabilidade e Controladoria) – Departamento de Contabilidade e Atuária da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.
- BOYNTON, William C. JOHNSON, Raymond N. KELL, Walter G.** Tradução José Evaristo dos Santos. **Auditoria.** São Paulo: Editora Atlas, 2002.

- BUSSAB**, Wilton de O., **MORETTIN**, Pedro A. **Estatística Básica**. 5ª Edição. São Paulo: Editora Saraiva, 2002.
- CARVALHO**, Luiz Nelson Guedes de. **Uma Contribuição à Auditoria do Risco de Derivativos**. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado em Contabilidade e Controladoria) – Departamento de Contabilidade e Atuária da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.
- CHANDRA**, Akhilesh and **AGRAWAL**, Surrenda P. **A Fuzzy Decision Support for Cost Management Systems Design**. In: **SIEGEL**, Philip H. **KORVIN**, Andre de, **OMER**, Khursheed. **Applications of Fuzzy Sets and the Theory of Evidence to Accounting, II**. Stanford: JAI Press, 1998. p. 99-115.
- CHEN**, Guanrong and **PHAM**, Trung T. **Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems**. Boca Raton: CRC Press, 2001.
- COOK**, John W. & **WINKLE**, Gary M. **Auditoria: Filosofia e Técnica**. São Paulo: Saraiva S.A. - Livreiros Editores, 1983.
- COTRIM**, Gilberto. **Fundamentos da Filosofia**. São Paulo: Editora Saraiva, 1998.
- COMMITTEE OF SPONSORING ORGANIZATIONS OF THE TREADWAY COMMISSION – COSO**. **Internal Control: Integrated Framework**. USA, 1994.
- CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE**. **Princípios Fundamentais e Normas Brasileiras de Contabilidade de Auditoria e Perícia**. Brasília: CFC, 2003.
- CORRAR**, Luiz J. e **THEÓFILO**, Carlos R. (Coordenadores). **Pesquisa Operacional para Decisão em Contabilidade e Administração – Contabilometria**. São Paulo: Editora Atlas, 2004.
- COX**, Earl. **The Fuzzy Systems Handbook**. 2nd. Edition. San Diego: AP Professional, 1999.
- COX**, Earl. **Fuzzy Logic for Business and Industry**. Rockland: Charles River Media, Inc. 1995.
- DESHMUKH**, Ashutosh. **ROMINE**, Jeff. **Assessing the Risk of Management Fraud Using Red Flags: A Fuzzy Number Based Spreadsheet Approach**. *Journal of Accounting and Computers*, 3, 1998. pp 5-15.
- DESHMUKH**, Ashutosh and **NASSIRIPOUR**, Sia. **Assessment of Short-Term Liquidity Risk Using Fuzzy Sets**. In: **SIEGEL**, Philip H. **KORVIN**, Andre de, **OMER**, Khursheed. **Applications of Fuzzy Sets and the Theory of Evidence to Accounting, II**. Stanford: JAI Press, 1998. p. 119-129.

- DUBOIS**, Didier and **PRADE**, Henri. **Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications**. Volume 144 in Mathematics in Science and Engineering. San Diego: Academic Press, Inc., 1980.
- FERREIRA**, Aurélio B. H. **Novo Aurélio Século XXI: O Dicionário da Língua Portuguesa**. São Paulo. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.
- FRIEDLOB**, George T. **SCHLEIFER**, Lydia L.F. **Fuzzy Logic: Application for Audit Risk and Uncertainty**. Managerial Auditing Journal, Bradford: 1999. Vol. 14, Iss. 3; pg. 127-135.
- IMENES**, Luiz Márcio e **LELLIS**, Marcelo. **Microdicionário de Matemática**. São Paulo: Editora Scipione, 1998.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE CONTADORES – IBRACON**. **Normas Internacionais de Auditoria e Código de Ética Profissional**. São Paulo, 1998.
- IUDÍCIBUS**, Sérgio, **MARION**, José C. e **PEREIRA**, Elias. **Dicionário de Termos de Contabilidade**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.
- JUND**, Sérgio. **Auditoria: Conceitos, Normas, Técnicas e Procedimentos: Teoria e 500 Questões – Estilo ESAF, UNB e Outras**. Rio de Janeiro: Impetus, 2001.
- KLIR**, Yuan. **Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications**. Upper Saddle River: Ed. Prentice Hall PTR, 1995.
- KORVIN**, Andre de. **SIEGEL**, Philip H, and **AGRAWAL**, Surrenda. **An Application of Fuzzy Sets to Cost Allocation**. In: **SIEGEL**, Philip H. **KORVIN**, Andre de, **OMER**, Khursheed. **Applications of Fuzzy Sets and the Theory of Evidence to Accounting, II**. Stanford: JAI Press, 1998. p. 55-71.
- KORVIN**, Andre de., et al. **Modeling Job Scheduling for Audit Uncertainties Using Fuzzy Logic**. In: **SIEGEL**, Philip H. **KORVIN**, Andre de, **OMER**, Khursheed. **Applications of Fuzzy Sets and the Theory of Evidence to Accounting, II**. Stanford: JAI Press, 1998. p. 39-54.
- KOSKO**, Bart. **Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic**. New York: Hyperion, 1993.
- LALANDE**, André. **Vocabulário Técnico e Crítico da Filosofia**. 10ª Edição. Porto: Rés Editora, 1980.
- LOPES**, Alexsandro B. e **OLIVEIRA**, Heraldo G. **Conjuntos Nebulosos (Fuzzy Sets)** São Paulo, 1999. Trabalho Acadêmico para a Disciplina EAC-731 – Contabilometria, do Programa de Doutorado em Contabilidade e Controladoria do Departamento de Contabilidade e Atuaria da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

- MCNEILL**, Daniel and **FREIBERGER**, Paul. **Fuzzy Logic: The Revolutionary Computer Technology That Is Changing Our World**. New York: Simon & Schuster, 1993.
- MCNEILL**, F. Martin and **THRO**, Ellen. **Fuzzy Logic: A Pratical Approach**. Boston: Academic Press, Inc., 1994.
- MARTINS**, Gilberto de Andrade. **Manual para Elaboração de Monografias e Dissertações**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1994.
- MESSIER**, William F. **Auditing & Assurance Services: A Systematic Approach**. 2nd. Edition. Boston: Ed. The McGraw-Hill Companies, Inc, 1999.
- NGUYEN**, Hung T. and **WALKER**, Elbert A. **A First Course in Fuzzy Logic**. 2nd. Edition. Boca Raton: Ed. Chapman & Hall/CRC, 2000.
- RENDER**, Barry and **JR**, Ralph M. Stair. **Quantitative Analysis for Management**. 7th. Edition. New Jersey: Ed. Prentice-Hall, Inc, 2000.
- RITTENBERG**, Larry E. and **SCHWIEGER**, Bradley J. **Auditing - Concepts for a Changing Environment**. 2nd. Edition. Philadelphia: Ed. Brace College Publishers, 1994.
- RUSSELL**, Bertrand. Tradução Laura Alves e Aurélio Rebello. **História do Pensamento Ocidental: A Aventura das Idéias dos Pré-Socráticos a Wittgenstein**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2001.
- SANDRI**, Sandra e **CORREA**, Cláudio. **Lógica Nebulosa**. V Escola de Redes Neurais, São José dos Campos – SP, 1999, p. 073-090.
- SANTI**, Paulo Adolpho. **Introdução à Auditoria**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1988.
- SHAW**, Ian S. **Controle e Modelagem Fuzzy**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1999.
- SIEGEL**, Philip H., **RIGSBY**, John T. and **BOURGEOIS**, Brian. **An Application of Fuzzy Set Theory to the Problem of Evaluating Net Realizable Value of Accounts Receivable**. In: **SIEGEL**, Philip H. **KORVIN**, Andre de, **OMER**, Khursheed. **Applications of Fuzzy Sets and the Theory of Evidence to Accounting, II**. Stanford: JAI Press, 1998. p. 89-102.
- SILVA**, Ermes Medeiros da et. al. **Pesquisa Operacional: Programação Linear**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1998.
- SPIEGEL**, Murray R. Tradução: Alfredo Alves de Faria. **Probabilidade e Estatística**. São Paulo: Ed. McGrawHill, 1978.

- SRIRAM**, Ram S. and **WHEELER**, Patrick. **Uncertainty Handling in Accounting Systems: A Comparison of Alternative Approaches to Knowledge Representation**. In: **SIEGEL**, Philip H. et al. **Applications of Fuzzy Sets and the Theory of Evidence to Accounting**. Stanford: JAI Press, 1995. p.163-186.
- SRIVASTAVA**, Rajendra P. and **LU**, Hai. **Structural Analysis of Audit Evidence Using Belief Functions**. Fuzzy Sets and Systems. Vol.131. Amsterdam: Elsevier North-Holland, Inc. 2002. p. 107-120.
- STEVENSON**, William J. **Estatística Aplicada à Administração**. São Paulo: Ed. Habra, 1981.
- SULLIVAN**, Jerry D. et. al. **Montgomery's Auditing**. Tenth Edition. New York: Editora John Wiley & Sons, 1985.
- TAYLOR**, Donald H. and **GLEZEN**, G.William. **Auditing – An Assertions Approach**. 7th. Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1997.
- VERGARA**, Sylvia C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 3^a Edição. São Paulo: Ed. Atlas, 2000.
- VON ALTROCK**, Constantin. **Fuzzy Logic and NeuroFuzzy Applications in Business and Finance**. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1997.
- WALLACE**, Wanda A. - **Handbook of Internal Accounting Controls**. 2nd. Edition. New Jersey: Editora Prentice-Hall, Inc., 1991.
- WEBER**, Eleo, **TRIERWEILER**, Pedro Antonio. **Aplicação da Lógica Fuzzy em Software e Hardware**. Canoas: Editora da Ulbra, 2002.
- ZADEH**, Lofti A. et. al. **Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes**. New York: Academic Press, Inc., 1975.
- ZWICKER**, Ronaldo. Apostila da Disciplina: EAD-5909 – Informática na Administração, do Programa de Pós-Graduação em Métodos Quantitativos e Informática – Mestrado e Doutorado do Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2001.

SITES DA INTERNET

<http://www.aahq.org>
<http://www.aicpa.org>
<http://www.bcb.gov.br>
<http://www.cfc.org.br>
<http://www.cfenet.com>
<http://www.cvm.gov.br>
<http://www.erm.coso.org>
<http://www.eycarat.ukans.edu>
<http://www.fei.org>
<http://www.ibracon.com.br>
<http://www.ifac.org>
<http://www.isaca.org>
<http://www.law.uc.edu/CCL/SOact/soact.pdf>
<http://www.periodicos.capes.gov.br>
<http://proquest.umi.com/pqdweb>
<http://www.theiia.org>
<http://www.sec.gov>
<http://www.sibi.usp.br/sibi/biblioteca>
<http://www.susep.gov.br>

ANEXO I

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS FATORES DE RISCOS DE CONTROLE INTERNO

Esclarecimentos Iniciais

As questões abaixo têm por objetivo a avaliação dos fatores de riscos que podem provocar falhas nos sistemas de controles internos das entidades e que, por sua vez, gerarão distorções relevantes para as demonstrações contábeis objeto do parecer dos auditores independentes.

Para cada questão deverá ser atribuída um valor entre 0 (zero) e 100 (cem), somente com a utilização de números inteiros e de forma crescente, em que os menores valores expressarão a insatisfação do avaliador quanto ao atendimento dos controles internos ao objetivo da questão e os maiores valores, de forma inversa, indicarão a satisfação.

Todas as questões devem ter um valor atribuído, uma vez que não há previsão de itens não aplicáveis. Caso algum item não seja avaliado, será considerado o valor 0 (zero), o que indicará um grau elevado de insatisfação com o objetivo do quesito.

Estas avaliações servirão como entradas discretas no Sistema de Avaliação de Riscos de Controle, que utiliza como recurso de processamento de dados o *software FuzzyTech 5.54*. O sistema transformará esses valores nos termos lingüísticos: péssimo, ruim, razoável, bom e muito bom, aplicando a função de pertinência dos elementos da lógica nebulosa, e processará todas as suas funções com base nesses termos definidos.

O questionário está segregado em blocos de perguntas, obedecendo aos agrupamentos conceituados no sistema em tela como *Fatores de Riscos*, que cada grupo de questões desencadeia.

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO
DOS FATORES DE RISCOS DE CONTROLE INTERNO
AVALIAÇÃO DO AMBIENTE DE CONTROLE

Elementos de Avaliação	Valor Atribuído
I - Avaliação do Risco de Gestão de Pessoas	
Fator: <i>Integridade e Valores Éticos</i>	
Prática de elevadas normas de comportamento ético pela Alta Administração e comunicação das políticas e dos códigos de conduta a todos os funcionários.	
Fornecimento de orientação moral aos empregados que demandam tal necessidade.	
Combate aos incentivos e tentações para a elaboração de demonstrações contábeis fraudulentas.	
Fator: <i>Comprometimento com Competência</i>	
Nível de conhecimentos e habilidades requeridos para as pessoas, nos diversos níveis da organização, realizarem suas tarefas de maneira eficaz.	
Políticas e práticas de treinamento profissional, implementadas para todos os níveis hierárquicos da entidade.	
Compatibilidade da experiência profissional com as tarefas designadas aos funcionários, principalmente para aquelas que envolvem maior risco e responsabilidades.	
Fator: <i>Políticas e Práticas de Recursos Humanos</i>	
Políticas de recrutamento e processos de seleção para a contratação de novos colaboradores.	
Fornecimento de orientações precisas e oportunas sobre a cultura organizacional da entidade, as responsabilidades e os papéis atuais e potenciais para os funcionários contratados.	
Processos de avaliação de desempenho para aconselhamentos, promoções de cargos e funções e programas de remuneração e benefícios.	

Elementos de Avaliação	Valor Atribuído
II - Avaliação do Risco do Modelo de Decisão	
Fator: <i>Filosofia e Estilo Operacional da Administração</i>	
Forma de assunção dos riscos de negócios pela administração e maneira como esta os monitora.	
Modo de tratamento dispensado pela alta administração para os principais executivos da entidade.	
Atitudes da administração para com as pessoas e funções que lidam com as atividades contábeis e de processamento de informação.	
Fator: <i>Postura para Informações Contábeis</i>	
Escolha apropriada e conservadora dos princípios de contabilidade geralmente aceitos na elaboração das demonstrações financeiras.	
Nível de consciência dos diretores e de apropriado conservadorismo na determinação de estimativas contábeis.	
Atitudes e ações adotadas no processo de elaboração e divulgação de demonstrações contábeis.	
Fator: <i>Conselho de Administração e Comitê de Auditoria</i>	
Independência em relação à diretoria executiva, adequada experiência e estatuta profissional dos seus membros.	
Envolvimento e adequação das ações, contemplando o oportuno envolvimento nas questões pertinentes à finalidade do órgão.	
Interação e acompanhamento das atividades dos auditores internos e dos auditores independentes.	
III - Avaliação do Risco da Infra-Estrutura	
Fator: <i>Atribuição de Autoridade e Responsabilidade</i>	
Definição de autoridade e responsabilidade congruentes com conhecimento e experiência do pessoal e com recursos demandados pelas atividades.	
Atribuição de responsabilidades pela consecução de resultados aos administradores das unidades organizacionais.	
Processo de atribuição de autoridade e responsabilidade por documentação, transações e acessos em ambiente de TI.	
Fator: <i>Estrutura Organizacional</i>	
Estruturas hierárquicas apropriadas para o tamanho da entidade.	
Compatibilidade entre a natureza da atividade da entidade auditada e o organograma formal.	
Eficácia proporcionada pela estrutura organizacional na geração de informação contábil-financeira.	

Elementos de Avaliação	Valor Atribuído
<i>I – Avaliação da Avaliação de Risco</i>	
Fator: Ameaças Internas	
Capacidade de identificar riscos causados por alterações no ambiente operacional.	
Identificação e mensuração do impacto de novas tecnologias e de funcionários recém-ingressados.	
Deteção dos efeitos provocados por mudanças nos sistemas de informações.	
Fator: Ameaças Externas	
Capacitação para gerenciar ameaças e oportunidades provocadas por rápido crescimento das atividades operacionais.	
Identificação e mensuração dos riscos provocados por introdução de atividades, linhas ou produtos novos.	
Oportuno reconhecimento dos efeitos decorrentes de novos pronunciamentos contábeis, de aplicação compulsória.	
<i>II – Avaliação das Atividades de Controle</i>	
Fator: Restrições de Acessos e Funções	
Segregação de funções entre responsabilidade pela execução, registro e custódia de ativos.	
Controles de restrições e acessos físicos aos ativos tangíveis da entidade.	
Nível de permissão e acessos aos controles e informações estratégicas e operacionais da entidade.	
Fator: Controles de Processamento de Informações	
Processo de delegação de autorização de transações e controles de cumprimento da norma estabelecida.	
Controle das aprovações das alterações realizadas nos sistemas de informações para o processo decisório.	
Nível de integridade e de exatidão das informações fornecidas pelos sistemas de controles internos.	
Fator: Revisões de Desempenho	
Conteúdo dos relatórios de orçamentos elaborados e nível das análises realizadas pelos gestores.	
Processo de correlação efetuado entre informações quantitativas operacionais, econômicas e financeiras.	
Contagens físicas periódicas de ativos e comparação dos levantamentos com os registros físicos e contábeis.	

Elementos de Avaliação	Valor Atribuído
<i>III – Avaliação da Informação e Comunicação</i>	
<i>Fator: Processamento da Informação</i>	
Processamento das transações contemplando os atributos de validade, integralidade, tempestividade, correta avaliação e classificação.	
Trilhas de auditoria completas, fornecidas pelo sistema contábil para cada transação realizada.	
Documentação hábil para comprovação das transações e arquivos adequados.	
<i>Fator: Divulgação da Informação</i>	
Plano de contas contábeis, apropriado para as atividades da entidade.	
Manual de políticas e principais práticas contábeis adotadas pela entidade.	
Relatórios contábeis e financeiros completos, oportunos e objetivos para apoio do processo decisório.	
<i>IV – Monitoramento</i>	
<i>Fator: Monitoramento Interno</i>	
Processos de avaliação do desenho dos sistemas de controles internos.	
Estrutura organizacional, atuação e resultados da auditoria interna.	
<i>Fator: Supervisão Externa</i>	
Aceitação e implantação das melhorias de controles internos sugeridos pela auditoria externa.	
Contribuições sobre fraquezas e aperfeiçoamentos de controles internos, oferecidas por agências reguladoras.	

<i>Respondido por:</i>	
<i>Empresa:</i>	
<i>Cargo:</i>	
<i>Assinatura:</i>	
<i>Local e Data:</i>	

ANEXO II

QUESTIONÁRIO DE DETERMINAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DOS FATORES DE RISCOS DE CONTROLE INTERNO

Esclarecimentos Iniciais

As questões abaixo têm por objetivo determinar a **importância** que os *Fatores de Riscos* de controles têm na avaliação das diversas *Classes de Riscos*, que podem provocar falhas nos sistemas de controles internos das entidades, e que, por sua vez, gerarão distorções relevantes para as demonstrações contábeis objeto do parecer dos auditores independentes.

Para cada questão deverá ser atribuída um valor entre 0 (zero) e 100 (cem), somente com a utilização de números inteiros e de forma crescente, em que os menores valores expressarão a menor importância atribuída pelo avaliador quanto à influência do Fator de Risco na avaliação da Classe de Risco e, de forma inversa, o maior valor indicará a grande importância determinadas pelo avaliador.

Todas as questões devem ter um valor atribuído, uma vez que não há previsão de itens não aplicáveis. Caso algum item não seja avaliado, será considerado o valor 0 (zero), o que indicará um insignificante grau de importância do Fator de Risco.

De forma complementar ao Questionário de Avaliação dos Fatores de Riscos de Controle Interno, estas avaliações servirão como entradas discretas no Sistema de Avaliação de Riscos de Controle, que utiliza como recurso de processamento de dados o *software FuzzyTech 5.54*. O sistema transformará esses valores nos termos lingüísticos: grande, média e pequena, aplicando a função de pertinência dos elementos da lógica nebulosa, e processará todas as suas funções com base nesses termos definidos.

Elementos de Avaliação	Valor Atribuído
I - Risco da Gestão de Pessoas	
1. <i>Integridade e Valores Éticos</i>	
2. <i>Comprometimento com Competência</i>	
3. <i>Políticas e Práticas de Recursos Humanos</i>	
II - Risco do Modelo de Decisão	
1. <i>Filosofia e Estilo Operacional da Administração</i>	
2. <i>Postura para Informações Contábeis</i>	
3. <i>Conselho de Administração e Comitê de Auditoria</i>	
III - Risco da Infra-Estrutura	
1. <i>Atribuição de Autoridade e Responsabilidade</i>	
2. <i>Estrutura Organizacional</i>	
IV - Risco da Avaliação de Riscos	
1. <i>Ameaças Internas</i>	
2. <i>Ameaças Externas</i>	
V - Risco das Atividades de Controle	
1. <i>Restrição de Acessos e Funções</i>	
2. <i>Controles de Processamento de Informações</i>	
3. <i>Revisões de Desempenho</i>	
VI - Risco da Informação e Comunicação	
1. <i>Processamento da Informação</i>	
2. <i>Divulgação da Informação</i>	
VII - Risco do Monitoramento	
1. <i>Monitoramento Interno</i>	
2. <i>Supervisão Externa</i>	

Respondido por:	
Empresa:	
Cargo:	
Assinatura:	
Local e Data:	