

Glauber Arthur N. da Silva

*UMA METODOLOGIA APLICADA À
SELEÇÃO DE CONTRIBUINTES DO ICMS
PARA FINS DE AUDITORIA*

Maceió

Dezembro de 2006

Glauber Arthur N. da Silva

*UMA METODOLOGIA APLICADA À
SELEÇÃO DE CONTRIBUINTES DO ICMS
PARA FINS DE AUDITORIA*

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência pelo Programa Multidisciplinar de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas.

Orientador:

Prof. Dr. João Inácio Soletti

Co-orientador:

Prof. Dr. Henrique Pacca Loureiro Luna

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
MESTRADO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL DO CONHECIMENTO

Maceió

Dezembro de 2006

Catlogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Helena Cristina Pimentel do Vale

S586m Silva, Glauber Arthur nascimento da.
Uma metodologia aplicada à seleção de contribuintes do ICMS para fins de auditoria / Glauber Arthur nascimento da Silva, Maceió – 2006.
62 f. : il.

Orientador: João Inácio Soletti.
Co-orientador: Henrique Pacca Loureiro Luna
Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional de Conhecimento)
– Universidade Federal de Alagoas, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento, Maceió, 2006.

Bibliografia: f. 58-62.

1. Otimização combinatória. 2. Pesquisa operacional. 3. Seleção de Contribuintes do ICMS. 4. Problema da mochila. 5. Análise multicritério de de decisão. I. Título.

CDU: 004.424.5.021

Dedico este trabalho à Andréa Márcia e à Laura Lis.

Agradecimentos

Aos meus pais, Jenevaldo e Graça, que sempre me apoiaram em todas as decisões e pelo incentivo aos estudos.

Aos companheiros da DTI-SEFAZ pelo constante intercâmbio de idéias.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

E um especial agradecimento aos meus orientadores, João Soletti e Henrique Pacca, pelo apoio, pelo incentivo, pela orientação, e pelo conhecimento transmitido durante as aulas do curso.

Resumo

Com o advento do Plano Real, os estados brasileiros iniciaram um processo de melhoria dos instrumentos de gestão em seus órgãos de administração tributária. Inclui-se entre tais instrumentos o planejamento da ação fiscal, ao qual foram incorporadas novas sistêmicas para a seleção de contribuintes do imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação (*ICMS*). Este trabalho apresenta um modelo matemático de otimização combinatória baseado no clássico *problema da mochila* com o objetivo de selecionar os contribuintes mais qualificados para a auditoria fiscal, considerando os critérios e regras adotados pelo agente de decisão. O modelo desenvolvido utiliza a análise multicritério e técnicas da pesquisa operacional. Por fim, o modelo obteve resultados coerentes quando submetido a um estudo de caso com dados fornecidos por uma agência tributária.

Palavras-chave: seleção de contribuintes, otimização combinatória, problema da mochila, análise multicritério de decisão, Pesquisa Operacional.

Abstract

With the advent of the Real Plan, the Brazilian states have initiated an improvement process of the management instruments in their tax agencies. It is included among such instruments planning of the tax case, which had been incorporated new systematics for the taxpayer selection of the value added taxes on sales and services (ICMS). This work presents a combinatorial optimization model based in the classic *knapsack problem* with the objective to select more qualified taxpayers for audit proposals, considering the criteria and rules adopted for the decision agent. The developed model uses the multicriteria analysis and operational research techniques. Finally, the model got coherent results when submitted to a case study with data supplied by a tax agency.

Key-words: taxpayer selection, combinatorial optimization, knapsack problem, multicriteria decision analysis, operational research.

Lista de Tabelas

1	Arrecadação de ICMS da região Nordeste do Brasil em 2005	p. 15
2	Receitas do Estado de Alagoas em 2005 - Valores Nominais	p. 15
3	Variáveis originais	p. 37
4	Variáveis transformadas	p. 38
5	Matriz de correlação	p. 38
6	Classificação por porte	p. 39
7	Classificação por tempo de existência	p. 39
8	Classificação por cumprimento das obrigações tributárias	p. 39
9	Limitação de recursos em função do porte	p. 40
10	Pesos de compensação	p. 43
11	Pesos de ordenação	p. 43
12	Resumo da execução do modelo por cenário	p. 44
13	Resultados de restrições para todos os cenários	p. 44
14	Comparação com a relação Top50	p. 45
15	Comparação com a relação Top50 de cada índice	p. 45
16	Contribuintes selecionados por idade em cada cenário	p. 45
17	Contribuintes selecionados por padrão e cenário	p. 46
18	Boxplot Y_1, Y_4, Y_5 e Y_8	p. 49
19	Boxplot Y_2 e Y_7	p. 49
20	Boxplot Y_3 e Y_6	p. 49
21	Escala Fundamental de Saaty	p. 50
22	Matriz de comparações	p. 51

23	Valores de CA em função da ordem q da matriz	p. 52
24	Matriz de comparações para o conjunto de pesos de compensação $C1$.	p. 53
25	Matriz de comparações para o conjunto de pesos de compensação $C2$.	p. 53
26	Matriz de comparações para o conjunto de pesos de compensação $C3$.	p. 53

Lista de Figuras

1	Etapas da elaboração do modelo de otimização	p.27
---	--	------

Sumário

1	INTRODUÇÃO	p. 12
1.1	TEMA	p. 12
1.2	OBJETIVOS	p. 13
1.2.1	OBJETIVO GERAL	p. 13
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	p. 14
1.3	JUSTIFICATIVA	p. 14
1.4	ESTRUTURA	p. 16
2	SELEÇÃO DE CONTRIBUINTES PARA AUDITORIA	p. 17
2.1	INTRODUÇÃO	p. 17
2.2	CONCEITOS GERAIS SOBRE TRIBUTAÇÃO E O <i>ICMS</i>	p. 17
2.3	FISCALIZAÇÃO TRIBUTÁRIA	p. 19
2.4	EVASÃO TRIBUTÁRIA	p. 21
2.5	CLASSIFICAÇÃO DE CONTRIBUINTES	p. 22
2.6	SELEÇÃO DE CONTRIBUINTES PARA FINS DE AUDITORIA	p. 23
3	UMA METODOLOGIA APLICADA À SELEÇÃO DE CONTRIBUINTES DO <i>ICMS</i> PARA FINS DE AUDITORIA	p. 27
3.1	INTRODUÇÃO	p. 27
3.2	O PROBLEMA DA SELEÇÃO DE CONTRIBUINTES PARA FINS DE AUDITORIA	p. 28
3.3	MODELO DE OTIMIZAÇÃO	p. 29
3.3.1	FUNÇÃO DE VALOR DO CONTRIBUINTE - <i>v</i>	p. 32

3.3.1.1	ANÁLISE DE DECISÃO	p. 32
3.3.1.2	IMPORTÂNCIA DOS CRITÉRIOS	p. 33
3.3.1.3	NORMALIZAÇÃO DE CRITÉRIOS	p. 33
3.3.1.4	COMBINAÇÃO DE CRITÉRIOS	p. 34
3.3.1.5	CÁLCULO DO VALOR v DO CONTRIBUINTE	p. 34
3.3.2	CENÁRIOS DE AVALIAÇÃO	p. 35
3.4	ESTUDO DE CASO	p. 36
3.4.1	ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS	p. 36
3.4.2	RESTRIÇÕES DO MODELO	p. 40
3.4.3	CENÁRIOS	p. 42
3.4.4	RESULTADOS OBTIDOS	p. 43
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	p. 47
4.1	CONCLUSÕES	p. 47
4.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	p. 48
	Apêndice A	p. 49
A.1	Diagramas	p. 49
A.2	<i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>	p. 50
A.3	Pesos de compensação de critérios	p. 53
	Glossário	p. 54
	Referências	p. 58

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Após a implantação do Plano Real, os estados e municípios brasileiros iniciaram um processo de ajuste fiscal visando ao saneamento de suas finanças. Os programas PNAFE¹ e PNAFM² fizeram parte desse processo através do investimento na melhoria dos instrumentos de gestão tributária e financeira dos órgãos de Administração Tributária (AT) dos estados e municípios. Entre esses instrumentos inclui-se o planejamento da ação fiscal, ao qual, entre outras medidas, foram incorporadas novas práticas de classificação e seleção de contribuintes.

A finalidade principal de uma AT é promover uma arrecadação de tributos que possibilite a execução dos programas governamentais. Para isso, ela deverá estar organizada para aplicar a norma tributária, da maneira mais justa e imparcial, com o intuito de garantir a confiança da população na integridade e imparcialidade de suas ações. O caráter justo e imparcial das ações das ATs deverá prevalecer também numa atividade que antecede os trabalhos de auditoria fiscal: a seleção de contribuintes.

O planejamento da ação fiscal tem entre seus objetivos o combate à evasão por parte dos contribuintes. A atividade de seleção de contribuintes é considerada importante neste contexto, pois dela depende a eficácia das ações fiscais. O cenário desse processo de decisão pode ser considerado complexo devido ao grande número de variáveis, critérios e agentes envolvidos.

O imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação (*ICMS*) é o principal tributo de competência dos estados brasileiros e tem sua base legal estabelecida

¹Programa Nacional de Apoio à Administração Fiscal para os Estados brasileiros. Disponível em www.fazenda.gov.br/ucp/pnafe

²Programa Nacional de Apoio à Gestão Administrativa e Fiscal para os Municípios brasileiros. Disponível em www.fazenda.gov.br/ucp/pnafm

pelo art. 155, II, da Constituição Federal de 1988 (CF) (BRASIL, 1998) e complementada pelo Código Tributário Nacional (CTN) (BRASIL, 1966). O *ICMS* tem características de um imposto sobre valor agregado (IVA ³) de caráter não cumulativo.

A arrecadação do *ICMS*, em geral, é feita de forma indireta. Existem vários pontos de coleta de documentos fiscais distribuídos entre um fornecedor, de algum produto ou serviço, e um comprador. A AT, de posse desses documentos fiscais, calcula o montante de imposto que foi pago pelos compradores e retido pelos fornecedores. Estes últimos, denominados contribuintes, ficam, então, obrigados a declarar e pagar o montante de imposto retido.

A seleção de contribuintes pode ser definida como um processo decisório cujo objetivo é escolher um conjunto de contribuintes para fins de auditoria fiscal. O *agente de decisão* ⁴ define quais critérios serão avaliados no processo, bem como, a importância relativa entre eles. Os limites dos recursos disponíveis para a execução das auditorias fiscais também são considerados na tomada de decisão.

Neste trabalho utilizamos a análise multicritério de decisão e otimização combinatória para modelar o problema da seleção de contribuintes do *ICMS* para fins de auditoria. Com isso, esperamos contribuir para a melhoria do processo de seleção de contribuintes para fins de auditoria, analisando o problema sob a ótica da pesquisa operacional, de forma a acrescentar agilidade ao processo e buscar o aumento da eficácia das auditorias fiscais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho aqui proposto procura contribuir com o estudo do problema da seleção de contribuintes para fins de auditoria através da especificação de um método para a seleção de contribuintes do *ICMS*, com base em um modelo de otimização combinatória que considere as restrições impostas ao problema, objetivando maximizar o valor que quantifica a indicação dos contribuintes para a auditoria segundo os critérios definidos pelo agente de decisão.

³Tipo de imposto onde se tributa o valor adicionado em cada uma das etapas da produção e circulação

⁴Entendemos aqui que agente de decisão é o indivíduo, ou grupo de indivíduos, responsável pela análise da decisão, ainda que esta seja tomada posteriormente.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos do trabalho:

- Identificar o referencial teórico dos métodos e critérios para seleção de contribuintes para fins de auditoria por meio de uma revisão de literatura, procurando avaliar de que forma o problema tem sido abordado cientificamente;
- Levantar, pré-processar e analisar de forma exploratória os dados disponíveis à pesquisa;
- Modelar o problema de seleção de contribuintes sob a ótica da Pesquisa Operacional;
- Apresentar um estudo de caso do modelo proposto e os principais resultados obtidos;
- Contribuir para a tomada de decisão no âmbito das unidades de inteligência fiscal das Agências Tributárias.

1.3 JUSTIFICATIVA

O tema deste trabalho insere-se no contexto da modernização das Administrações Tributárias (ATs). Sua importância pode ser observada pela atenção que os governos estaduais e federal têm demonstrado para obtenção dos recursos financeiros necessários aos seus orçamentos. O PNAFE, programa financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)⁵, é um exemplo do nível de interesse sobre o tema desta pesquisa. Para este programa, o BID aprovou empréstimo de U\$ 500 milhões ao Brasil, em apoio à modernização fiscal dos estados brasileiros. Tal aporte de recursos externos compõe orçamento global de R\$ 1 bilhão voltados, exclusivamente, para investimentos dirigidos à melhoria dos instrumentos de gestão tributária e financeira das Secretarias Estaduais de Fazenda, Finanças ou Tributação.

Sabe-se que os governos sempre esperam incremento de suas receitas. No entanto, é fato que a situação econômica atual não permite elevações na carga tributária vigente. Desta forma, resta aos governos buscar o aumento de arrecadação por meio do combate a sonegação fiscal. Este trabalho também busca contribuir para o estudo de novos métodos de detecção de potenciais sonegadores.

⁵www.iadb.org

O *ICMS* é um dos mais importantes impostos do sistema tributário brasileiro e o principal tributo de competência dos estados. Para se ter uma idéia desta importância, a Tabela 1 mostra o quanto se arrecadou com esse imposto no Nordeste do Brasil durante o ano de 2005.

Tabela 1: Arrecadação de ICMS da região Nordeste do Brasil em 2005

Estado	ICMS*
Maranhão	1.463.924
Piauí	902.277
Ceará	3.144.615
Rio G. do Norte	1.616.429
Paraíba	1.336.561
Pernambuco	4.313.199
Alagoas	1.098.100
Sergipe	1.010.710
Bahia	7.820.304
Nordeste	22.706.119
Brasil**	154.412.105

Fonte: (SEFAZ, 2005)
 (*) Valores em R\$ Mil
 (**) Fonte: CONFAZ

Observa-se que nos estados que apresentam poucas receitas com representatividade, por exemplo Alagoas (ver Tabela 2), cujas principais origens de recursos são o Fundo de Participação dos Estados (*FPE*) e o *ICMS*, torna-se um fator estratégico o combate à sonegação como forma de se elevar a arrecadação.

Portanto, o modelo desenvolvido neste trabalho orienta-se no sentido do combate à evasão fiscal e sua importância pode ser observada principalmente pelo interesse das administrações estaduais em elevar a arrecadação sem contudo gerar aumento de carga tributária.

Tabela 2: Receitas do Estado de Alagoas em 2005 - Valores Nominais

RECEITAS	R\$ Mil	% Grupo	% Total
RECEITAS TRIBUTÁRIAS	1.184.509,76	100%	44%
- ICMS	1.098.100,49	93%	41%
- OUTRAS RECEITAS TRIBUTÁRIAS	86.409,26	7%	3%
TRANSFERÊNCIAS FEDERAIS	1.447.474,34	100%	54%
- FPE	1.246.234,70	86%	47%
- OUTRAS TRANSFERÊNCIAS FEDERAIS	201.239,65	14%	8%
OUTRAS RECEITAS	46.305,84	100%	2%
TOTAL	2.678.289,94	-	100%

Fonte: (SEFAZ, 2005)

1.4 ESTRUTURA

O texto do trabalho terá quatro capítulos e um apêndice.

O primeiro capítulo mostrará uma introdução ao problema da pesquisa além dos objetivos, justificativas e estrutura do trabalho.

No segundo capítulo apresentaremos alguns conceitos no contexto de tributação e discutiremos a respeito do referencial teórico encontrado sobre o problema de seleção de contribuintes para fins de auditoria. Os trabalhos referenciados foram obtidos a partir do portal de informações científicas da CAPES ⁶, do *site* do Centro Interamericano de Administrações Tributárias (CIAT) ⁷, do *site* da Receita Federal ⁸, além do serviço de buscas de textos acadêmicos do *site Google* ⁹.

No terceiro capítulo especificaremos o método de seleção de contribuintes do *ICMS* para fins de auditoria proposto no trabalho.

O quarto capítulo conterà as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

O apêndice inclui elementos suplementares que contribuem para um melhor entendimento dos recursos utilizados durante a elaboração do trabalho.

⁶ www.periodicos.capes.gov.br

⁷ www.ciat.org

⁸ www.receita.fazenda.gov.br

⁹ scholar.google.com.br

2 SELEÇÃO DE CONTRIBUINTES PARA AUDITORIA

2.1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que as antigas civilizações já adotavam algum sistema de cobrança de tributos. A atividade de seleção de contribuintes para fins de fiscalização tributária, historicamente, tem sido uma das preocupações da humanidade (BARRETO, 2005).

Até a primeira grande guerra, a estrutura tributária era composta, basicamente, por impostos incidentes sobre o patrimônio. Após esse período, surgiram, na Alemanha e na França, os primeiros tributos incidentes sobre o consumo (CORVALÃO, 2002).

O Brasil foi também um dos primeiros países a tributar o consumo, através da instituição do Imposto sobre Vendas Mercantis (IVM) em 1922. Esse imposto sofreu modificações ao longo do tempo e veio dar origem ao atual imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação (*ICMS*) (CORVALÃO, 2002).

Neste capítulo enfocamos conceitos gerais sobre tributação utilizados neste trabalho, especialmente sobre o *ICMS*, e também procuramos referenciar trabalhos que abordam as atividades de classificação e de seleção de contribuintes para fins de fiscalização.

2.2 CONCEITOS GERAIS SOBRE TRIBUTAÇÃO E O *ICMS*

Inicialmente apresentamos alguns conceitos gerais sobre tributação que serão utilizados ao longo deste trabalho e encontrados em Barreto (2005) e em Acquaviva (2000). São eles:

- Contribuinte ou Sujeito Passivo: é aquele sobre o qual incide o tributo;
- Tributo: é entendido como uma prestação pecuniária compulsória, criado e gerido pelo Estado, visando ao custeio de serviços públicos. O tributo é o gênero, de que são espécies o imposto, a taxa e a contribuição de melhoria;
- Imposto: é uma espécie de tributo que não enseja uma contraprestação individualizada para aqueles que o recolhem, e nisso se distingue da taxa e da contribuição de melhoria;
- Infração Tributária: ocorre quando um contribuinte pratica uma infração à legislação tributária de forma deliberada ou não;
- Evasão Tributária: ocorre quando um contribuinte pratica uma infração à legislação tributária de forma deliberada;
- Elisão tributária: procedimento lícito que se realiza antes da ocorrência do fato gerador do tributo, visando a um menor pagamento de tributos;
- Carga tributária: designa a totalidade de tributos que recai sobre uma coletividade, em função da riqueza produzida. Em geral, é calculada pela razão entre a arrecadação tributária total do país e seu Produto Interno Bruto (PIB). Contudo, pode ser calculada individualmente, cada contribuinte suportando sua própria carga tributária;
- Obrigação Tributária: vínculo jurídico entre o Estado e o contribuinte, pelo qual o Estado tem o direito de exigir do contribuinte o pagamento de um tributo ou de uma penalidade por descumprimento de norma tributária;
- Fato Gerador: fato definido em lei como caracterizador da incidência de um tributo;
- Lançamento: procedimento administrativo destinado a verificar a caracterização do fato gerador do tributo, bem assim determinar o montante a ser recolhido pelo contribuinte.

O sistema tributário brasileiro tem suas diretrizes fixadas no capítulo I (Do Sistema Tributário Nacional (STN)), Título VI (Da Tributação e do Orçamento) da Constituição Federal de 1988 (CF) (BRASIL, 1998).

No STN, são estabelecidos, entre outras coisas, os princípios gerais (da estrita legalidade, da anterioridade, da irretroatividade da lei tributária, da estrita igualdade e da uniformidade geográfica), as competências tributárias e as limitações de tributar.

O Código Tributário Nacional (CTN) (BRASIL, 1966) é uma Lei Federal que estabelece as normas gerais do Direito Tributário, entre elas: a definição de fato gerador, base de cálculo e contribuintes dos impostos discriminados na CF; obrigação, lançamento, crédito, prescrição e decadência tributários; e o tratamento tributário aplicado especificamente às sociedades cooperativas.

O *ICMS* é o principal tributo de competência dos estados e tem sua base legal estabelecida pelo art. 155, II, da CF. O *ICMS* tem características de um imposto sobre valor agregado (IVA ¹) de caráter não cumulativo.

No caso do *ICMS*, existe ainda o regulamento do imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre a prestação de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação (*RICMS*) adotado pelos estados da federação.

Não é objetivo deste trabalho discutir profundamente sobre tributação. Maiores detalhes sobre tributação do consumo e de vendas no Brasil podem ser vistos em Afonso e Araujo (2000), Araujo (2000c), Araujo (2000b) e Araujo (2000a).

2.3 FISCALIZAÇÃO TRIBUTÁRIA

A função de fiscalização tributária compreende as atividades de supervisão do cumprimento das obrigações tributárias incluindo desde a identificação dos desvios no cumprimento até a aplicação de sanções devido ao descumprimento. O objetivo principal da fiscalização é manter uma elevada percepção, por parte dos contribuintes, do risco envolvido na decisão de descumprir com a norma tributária, embora a estratégia prioritária da fiscalização deva estar voltada para a promoção do cumprimento voluntário das obrigações tributárias (SOARES; CUNHA, 1999).

Para que a função de fiscalização seja formulada e desenvolvida, é fundamental: (SOARES; CUNHA, 1999)

- Conhecimento sobre a evasão fiscal: causas, manifestações, dimensões, etc;
- Dispor de recursos legais, materiais, financeiros, tecnológicos, de informação, humanos, etc;
- Haver domínio de ferramentas de análise que permitam conhecer o contribuinte, seu negócio e seu padrão de relacionamento com o fisco;

¹Tipo de imposto onde se tributa o valor adicionado em cada uma das etapas da produção e circulação. Ver detalhes em (ARAUJO, 2000a)

- Ter sido tomada a decisão estratégica de enfrentar a evasão tributária.

Segundo Soares e Cunha (1999), são algumas atividades típicas da função de fiscalização:

- Inteligência fiscal. Atividades de estudos e análise de dados visando o pleno conhecimento da evasão tributária;
- Planejamento. Assegura que a política definida para a fiscalização seja seguida;
- Seleção. Trata de identificar cada contribuinte que é objeto da fiscalização.

É importante que a Administração Tributária (ou Agência tributária - AT) mantenha um controle abrangente dos contribuintes no que se refere ao cumprimento das suas obrigações tributárias. Controlar, neste caso, é monitorar e fiscalizar, quando necessário, as atividades dos contribuintes para que estes não se desviem das normas, convenções ou expectativas preestabelecidas (PEREIRA; MARTINS, 2003).

Em virtude do grande número de contribuintes, um controle efetivo só será possível se a AT dispuser de um sistema de informações tributárias que considere, principalmente (PEREIRA; MARTINS, 2003):

- A legislação tributária em vigor;
- O perfil dos contribuintes (fiscal, econômico e financeiro);
- Os recursos humanos, financeiros e tecnológicos disponíveis;
- As fontes externas de informação de natureza tributária.

O estudo de critérios para seleção de contribuintes para a fiscalização insere-se no contexto do estudo da evasão tributária. Em seu trabalho sobre a previsão do comportamento e classificação de contribuintes tributários, Barreto (2005) faz abrangente estudo crítico de trabalhos científicos que tratam da evasão tributária e do comportamento dos contribuintes. Destacamos a seguir a caracterização de alguns modelos de evasão tributária identificados pelo autor do trabalho.

2.4 EVASÃO TRIBUTÁRIA

Um dos modelos de evasão tributária estudados no trabalho de Barreto (2005), denominado *básico*, consiste em um contribuinte que deve decidir sobre o valor de seus rendimentos a reportar à agência tributária com base no seu nível real de rendimento, em uma taxa proporcional de tributo a pagar, em uma dada probabilidade de ser auditado e em uma penalidade proporcional ao rendimento omitido, cuja taxa é superior à taxa proporcional de tributação, a ser paga caso lhe seja detectada alguma infração na fase de auditoria. O contribuinte, então, decide quanto reportar objetivando a maximização de seus rendimentos, optando por declarar a menos quando a expectativa do ganho assim obtido supera o total de tributo e penalidade a ser suportado em uma eventual auditoria. O modelo básico também foi discutido por Siqueira e Ramos (2005).

Outro modelo analisado aborda a evasão tributária sob a ótica da Teoria dos Jogos ², apresentando um jogo ³ de ações seqüenciais entre contribuinte e agência tributária. Nesse jogo, o comportamento do contribuinte é definido como no modelo básico. Mas, além do contribuinte, existe uma AT que, sujeita a um orçamento prévio, e de posse da informação prestada pelo contribuinte, conduz suas ações de auditoria com o objetivo de maximizar o retorno líquido de sua arrecadação. Bezerra, Dias e Neto (2005) utilizam um modelo semelhante para analisar o crescimento da arrecadação tributária federal no Brasil. Podemos denominar este tipo de modelo de *jogo tributário*.

Variações desses dois modelos descritos são utilizadas por diversos autores, como pode ser observado em Alm e McKee (2004), Alm, Blackwell e MacKee (2004), Macho-Stadler e Pérez-Castrillo (2002), Andreoni, Erard e Feinstein (1998), Serra (2000), Alm (1998) e Murray (1995).

A partir da revisão de literatura realizada em sua pesquisa, Barreto (2005) conclui que, em relação aos contribuintes e considerando o imposto sobre a renda:

- Todos os trabalhos estudados convergem no sentido de que elevações na taxa de penalidade e na probabilidade de ser fiscalizado reduzem as omissões de rendimento e reprimem a evasão tributária;
- Quanto maior a renda do contribuinte, maior é a omissão de rendimentos;

²Para detalhes sobre Teoria dos Jogos consulte Fiani (2004)

³No contexto da Teoria dos Jogos, um jogo pode ser definido como uma representação formal que permite a análise de situações em que agentes interagem entre si, agindo racionalmente

- Os estudos teóricos e experimentais apontam para a maior eficiência dos métodos de seleção de contribuintes não aleatórios em relação aos puramente aleatórios;
- O sigilo em relação aos critérios de seleção, e seu conseqüente nível de tolerância à infração, é favorável à agencia tributária e promove a contenção de evasão e uma maior arrecadação;
- Diversos resultados indicam que contribuintes com atividades econômicas iguais tendem a ser mais parecidos entre si do que contribuintes com atividades econômicas distintas, em se tratando da infração à norma tributária;
- Os trabalhos enfocando especificamente a seleção de contribuintes para fiscalização são raros e, mesmo os existentes, só valem para poucos setores de atividades econômicas.

2.5 CLASSIFICAÇÃO DE CONTRIBUINTES

São objetos da fiscalização tributária todos os contribuintes que deixam de cumprir com suas obrigações tributárias. É importante que a fiscalização qualifique adequadamente os contribuintes para que consiga fazer com que os descumpridores passem a cumpridores de suas obrigações.

Uma AT deve ser capaz de assegurar o tipo de ação suficiente para influenciar o nível de cumprimento voluntário das obrigações tributárias às quais estão sujeitos os contribuintes sob sua jurisdição. Para isso, é imprescindível a existência de um sistema de informações que permita uma adequada classificação dos contribuintes, nas suas diferentes perspectivas e dimensões.

Soares e Cunha (1999) orientam que os contribuintes devem ser classificados pelo *padrão de comportamento em relação ao cumprimento de suas obrigações tributárias* e por características tais como *porte*, especificidades do negócio, *tempo de existência*, abrangência espacial das atividades e modalidades de obrigações a que estão sujeitos.

Quanto ao padrão de relacionamento com o fisco os contribuintes podem ser classificados em cumpridores ou descumpridores das obrigações tributárias. Os cumpridores apresentam tal padrão ou porque possuem consciência da importância do cumprimento tributário ou em razão da elevada percepção de risco em relação à evasão (SOARES; CUNHA, 1999).

A classificação pelo porte deve considerar indicadores da magnitude do contribuinte de forma a enquadrá-lo, por exemplo, como pequeno, médio, grande ou muito grande (SOARES; CUNHA, 1999).

É facultado à AT dividir sua área de atuação em regiões fiscais (jurisdições fiscais). Uma unidade de AT é criada para controlar os contribuintes domiciliados em cada região. Essa característica geográfica também poderá ser usada para fins de classificação.

A importância econômico-financeira pode ser outro parâmetro utilizado para classificar os contribuintes. Critérios como o montante arrecadado de tributos ou receita bruta podem gerar classificações do tipo: contribuintes de importância fiscal altíssima, alta, média, baixa e baixíssima. Técnicas estatísticas proporcionam uma definição objetiva das faixas de enquadramento (PEREIRA; MARTINS, 2003).

Os contribuintes também podem ser classificados por ramos de atividade econômica. Esse tipo de classificação pode ser efetivada através do cadastro ou através das declarações apresentadas. A classificação de contribuintes por setor econômico pode ser justificada pelo fato de os mesmos terem comportamentos patrimoniais e de resultados não comuns (PEREIRA; MARTINS, 2003). A classificação por atividade econômica mais comum entre as ATs é a denominada *CNAE Fiscal*, divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ⁴.

2.6 SELEÇÃO DE CONTRIBUINTES PARA FINS DE AUDITORIA

A fase de seleção de contribuintes pode ser considerada o mais importante aspecto para o sucesso do planejamento de auditoria de um órgão tributário. Essa seleção pode ser feita de forma totalmente aleatória, mas os órgãos têm procurado utilizar critérios que busquem a seleção dos potencialmente mais interessantes (BARRETO, 2005).

Nesse contexto, para a redução da aleatoriedade as agências incorrem em um custo operacional que deve ser equilibrado pela maximização de suas receitas. Uma forma economicamente viável de reduzir a aleatoriedade, assumindo-se um custo fixo da ação fiscal, é elevar o retorno esperado da ação fiscal, fazendo com que o custo da redução da aleatoriedade seja amortizado pelo aumento da arrecadação (BARRETO, 2005).

Observa-se que a adoção de métodos não totalmente aleatórios de seleção de contri-

⁴www.ibge.gov.br

buintes tem como consequência a existência de um nível tolerável de evasão tributária, uma vez que, em caso de detecção de alguma omissão por parte do contribuinte, a agência deverá considerar a relação custo/benefício da ação fiscal.

Um exemplo prático de aplicação de um método de seleção não aleatório é o *Discriminant Index Function (DIF)* (ALM; MCKEE, 2004) utilizado pelo *Internal Revenue Service (IRS)* dos Estados Unidos da América (EUA). Este método produz um índice resultante de um processo estatístico multivariado que leva em consideração diversas informações sobre as pessoas físicas dos EUA, principalmente as declaradas pelo próprio contribuinte, para calcular o afastamento ou distância de cada indivíduo em relação à média geral. Os que estiverem mais afastados são então selecionados para a auditoria (BARRETO, 2005).

Soares e Cunha (1999) recomendam que o planejamento da ação fiscal deve conter objetivos claros, *tempo de vigência*, atividades a serem desenvolvidas, características dos contribuintes a serem trabalhados, tipos de ações, *critérios de seleção*, metas em termos de quantidade e valor, agentes fiscais envolvidos e *produtividade pretendida*.

Alguns elementos poderão orientar o agente de decisão (Agência Tributária) no momento de identificar quais critérios serão utilizados para classificar e avaliar os contribuintes visando à seleção para a ação fiscal. Aconselha-se a estruturação de sistemáticas de seleção de contribuintes baseadas em critérios objetivos, geralmente, fundamentados em estatísticas obtidas através da observação de dados passados. Essa orientação visa ao respeito do princípio da impessoalidade. Entretanto, a aplicação de critérios exclusivamente objetivos pode resultar no aprendizado por parte dos contribuintes, o que possibilita uma forma de escapar da fiscalização. Sendo assim, a agência tributária há que tentar conhecer também aspectos subjetivos dos contribuintes, tais como pontos de referência social.

Em concordância com outros trabalhos, Soares e Cunha (1999) também argumentam que por razões financeiras, espera-se que o retorno monetário da ação fiscal supere os custos da fiscalização. Observa-se que este fator é considerado importante para o processo de seleção de contribuintes.

Em alguns estados brasileiros, em virtude da melhoria dos instrumentos de gestão das ATs (FERREIRA, 2000) (FAGUNDES, 2003) (SILVA, 2005) (FERREIRA, 2005), estas tiveram acesso a novas ferramentas tecnológicas que possibilitaram a implementação de sistemáticas mais eficientes (FERREIRA, 1998) de seleção de contribuintes. Essas novas ferramentas permitiram a execução de análises mais rigorosas das informações disponíveis, obtendo, assim, maior precisão nos mecanismos de avaliação dos contribuintes. Em geral, as informações analisadas são traduzidas para índices numéricos cujos valores são observados

pelos agentes de decisão durante o processo de seleção dos contribuintes.

Braz (2001) propõe um mecanismo de seleção de contribuintes que utiliza a tecnologia de *Data Warehouse (DW)* (INMON, 1999) (KIMBALL, 1996) em conjunto com técnicas de *Data Mining (DM)* (WITTEN; FRANK, 2000). Algumas consultas foram projetadas para identificar os prováveis sonegadores, através da descoberta de relações entre os atributos que possam mostrar indícios de evasão fiscal. Os algoritmos podem trabalhar com qualquer um dos atributos constantes do *DW*, (faturamento, *ICMS* declarado, *ICMS* pago, débitos, créditos, energia elétrica, entre outros), de maneira isolada ou englobando-os através de uma expressão matemática, para, ao final do processamento, revelar os contribuintes a serem auditados.

Em Pereira e Martins (2003) os autores identificam três motivos básicos de seleção de contribuintes:

- seleção por inadimplência;
- seleção por cruzamento de informações;
- seleção por análise econômico-financeira de declarações.

A inadimplência corresponde ao não cumprimento das obrigações tributárias. Através da comparação dos valores declarados pelo contribuinte com os valores efetivamente pagos por ele, é possível verificar indícios como a falta de entrega de declaração ou a existência de diferenças entre valores declarados e pagos.

A seleção por cruzamento de informações consiste em comparar dados de declarações apresentadas pelos contribuintes com outras declarações (deles ou de terceiros), com informações declaradas ou prestadas para ATs de outras esferas (municipal, federal). Tal tipo de seleção pode identificar contribuintes que estejam omitindo ou declarando a menor o montante de suas operações financeiras e econômicas. As informações de fontes exteriores à AT podem ser obtidas por determinação prevista na legislação tributária ou através da celebração de convênios entre diferentes esferas administrativas.

A seleção por análise econômico-financeira utiliza um conjunto de técnicas para extrair relações úteis, e sua evolução no tempo, entre os elementos que compõem as declarações apresentadas, com o objetivo de encontrar contribuintes com indícios de subtração de base de cálculo e de montante devido de tributo. Na análise econômico-financeira de declarações podem ser utilizados métodos empregados na análise de demonstrações contábeis.

Jover e Ayala (2002) propõem um sistema de informações para a seleção automática de contribuintes. O processo de seleção é baseado na análise do que os autores denominaram de índice composto de seleção (*índice compuesto de selección - I_c*), para cada contribuinte, que tem o objetivo de avaliar o comportamento do contribuinte em relação aos seguintes critérios:

- Indicador de desvio do contribuinte em relação ao grupo ao qual pertence - I_d ;
- Indicador de cumprimento das obrigações tributárias - I_a ;
- Indicador de histórico - I_t ;
- Indicador de estratégia - I_e ;
- Indicador de importância arrecadadora - I_r .

Cada um dos indicadores acima apresenta um valor entre 0 e 1 para cada contribuinte. O valor de I_c é então calculado pela equação 2.1:

$$I_c = C_1 \times I_d + C_2 \times I_a + C_3 \times I_t + C_4 \times I_e \quad (2.1)$$

Os coeficientes C_1 , C_2 , C_3 e C_4 são pesos que representam a importância de cada critério para o processo de seleção e apresentam, respectivamente, os valores 0,35; 0,20; 0,20 e 0,25. Entretanto, os autores não informam como os valores dos pesos são calculados.

Ao final, quanto mais próximo de 1 for o valor de I_c , mais indicado para a seleção estará o contribuinte.

O indicador de importância arrecadadora (I_r), é utilizado para ordenar decrescentemente os contribuintes selecionados.

O problema de seleção de contribuintes para fins de auditoria também foi explorado em Arias (2004), Visintín e Baulies (2003) e Veramendi (2002).

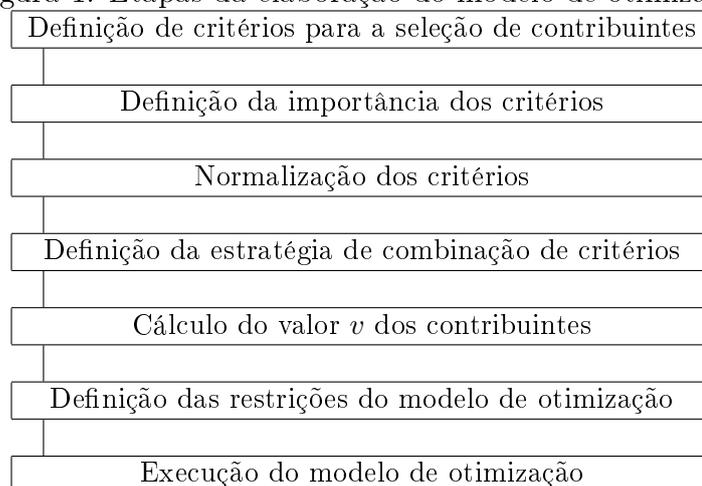
3 *UMA METODOLOGIA APLICADA À SELEÇÃO DE CONTRIBUINTES DO ICMS PARA FINS DE AUDITORIA*

3.1 INTRODUÇÃO

No capítulo 2, através da revisão de literatura, vimos alguns trabalhos que abordam temas no contexto do problema de seleção de contribuintes para fins de auditoria. Neles, verificamos as principais questões que precisam ser observadas pelos métodos de seleção.

Neste capítulo, desenvolvemos uma opção para abordar o problema de seleção de contribuintes para fins de auditoria, especificamente no caso do *ICMS*. A proposta envolve a elaboração de um modelo de otimização combinatória voltado para o problema da seleção de contribuintes para fins de auditoria. O modelo será construído com base no referencial teórico discutido no capítulo anterior, através de uma abordagem multicritério de decisão e utilizando práticas da pesquisa operacional.

Figura 1: Etapas da elaboração do modelo de otimização



A elaboração do modelo de otimização combinatória seguirá a ordem das etapas apresentadas na figura 1. Em seguida, será apresentado um estudo de caso do modelo elaborado.

3.2 O PROBLEMA DA SELEÇÃO DE CONTRIBUENTES PARA FINS DE AUDITORIA

Basicamente, o desafio de uma AT, neste processo de seleção, é encontrar, dentro do universo de contribuintes sob sua jurisdição, aqueles que apresentem os mais fortes indícios de descumprimento de suas obrigações tributárias e cujos retornos esperados, em termos de arrecadação, superem os custos de uma eventual auditoria, respeitando as restrições impostas à execução das ações de fiscalização.

Selecionar contribuintes para fiscalização é escolher dentro de um conjunto de contribuintes, a partir de critérios e objetivos bem definidos, aqueles que apresentem maiores indícios de subtração, tanto de valores da base de cálculo de tributos, como de valores a recolher desses tributos. Dessa forma, com a execução das auditorias programadas em decorrência do processo de seleção, almeja-se um adequado compromisso entre os critérios de maximização da arrecadação de tributos e a minimização do custo dos recursos materiais e humanos utilizados (PEREIRA; MARTINS, 2003).

Muitos problemas práticos são modelados da seguinte forma: dado um conjunto S de vetores de variáveis discretas s (chamadas soluções) e uma função objetivo $z : S \rightarrow \mathfrak{R}$, que associa cada solução $s \in S$ a um valor real $v(s)$, encontre a solução $s^* \in S$, dita ótima, para a qual $z(s)$ é máxima. O modelo descrito acima, com algumas modificações, pode ser utilizado para representar o problema da seleção de contribuintes.

Desta forma, sejam:

- $S = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, o conjunto de contribuintes;
- $v : S \rightarrow \mathfrak{R}$, função de valor dos contribuintes i ;
- $s^* = \{a_i\} \subseteq S, i \in \{1, 2, \dots, m\}$, com $m \leq n$, uma solução;
- $z : S \rightarrow \mathfrak{R} \mid z = \sum_{i=1}^m v(a_i)$, função objetivo.

Então, o problema da seleção de contribuintes consiste em escolher s^* de forma que z seja máxima.

Nesse contexto, o valor v (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004) (BEKMAN; NETO, 1980-2002) do contribuinte deve representar os indícios de descumprimento das obrigações tributárias por parte do contribuinte, bem como, o retorno esperado, em termos de arrecadação, em uma eventual auditoria caso o contribuinte seja selecionado. O valor v do contribuinte será calculado através de uma abordagem multicritério de decisão e considerando o que foi discutido no capítulo 2 deste trabalho.

3.3 MODELO DE OTIMIZAÇÃO

O problema da seleção de contribuintes, estruturado da forma apresentada na seção 3.2, enquadra-se no grupo de problemas de otimização combinatória conhecido como Problema da Mochila (*Knapsack Problem*). Podemos entendê-lo, metaforicamente, como o desafio de encher uma mochila sem ultrapassar um determinado limite de peso, otimizando o valor do produto carregado (GOLDBARG; LUNA, 2000).

A formulação matemática tradicional de representação do Problema da Mochila, conhecido também como Problema da Mochila Unidimensional (por possuir apenas uma restrição tipo mochila) é representada pela equação 3.1 além das condições 3.2 e 3.3.

$$\text{Max } z = \sum_{i=1}^n v_i x_i \quad (3.1)$$

S.A.

$$\sum_{i=1}^n c_i x_i \leq b \quad (3.2)$$

$$x_i \in \{0, 1\} \quad (3.3)$$

Onde $x_i = 1$ indica que o item i foi selecionado para ser incluído em uma mochila com capacidade total b , caso contrário, $x_i = 0$, o objeto i não foi selecionado. Os parâmetros v_i e c_i representam, respectivamente, valor e peso (no sentido de medida de massa) do item i .

Um modelo de otimização constitui um problema de Programação Inteira (PI) se qualquer variável não puder assumir valores contínuos, ficando condicionada a assumir valores discretos (GOLDBARG; LUNA, 2000).

No contexto do problema de seleção de contribuintes a variável x_i poderia assumir os valores 0 ou 1. Se $x_i = 1$, então o contribuinte i estaria selecionado para a auditoria, caso contrário, ou seja, se $x_i = 0$, o contribuinte i não estaria selecionado para a auditoria. O objetivo do modelo seria selecionar os contribuintes maximizando o valor total de seus *scores* v , observando as restrições aplicáveis aos limites dos recursos disponíveis.

É fato que as ações de fiscalização sempre demandam por recursos materiais e humanos. A utilização desses recursos geralmente é dimensionada em função da magnitude do contribuinte. A título de exemplo, temos que a complexidade que envolve uma auditoria em um contribuinte de porte pequeno é reconhecidamente menor que a de uma auditoria executada em um contribuinte de porte grande. Conseqüentemente, serão necessárias menos horas de trabalho para realizar uma auditoria em um contribuinte de porte pequeno quando comparado a um contribuinte de maior porte. Da mesma forma, os prêmios de produtividade pagos aos auditores devem ser proporcionais ao porte do contribuinte auditado.

Outro aspecto a considerar é que o processo de seleção também deve cuidar para que não ocorra a predileção por determinadas magnitudes de contribuintes, evitando-se, por exemplo, que sejam selecionados apenas contribuintes de porte grande.

Além disso, o modelo também deve observar a disponibilidade de auditores para a execução das auditorias, selecionando certa quantidade de contribuintes para cada auditor disponível. Entretanto, a cada contribuinte i selecionado o modelo deve associar um, e apenas um, auditor j .

Nesse contexto, o problema de otimização que se apresenta envolve características de um Problema da Mochila Múltipla (*PKM*) (GOLDBARG; LUNA, 2000, p.215) e também de um Problema da Mochila de Escolha Múltipla (*PKEM*) (GOLDBARG; LUNA, 2000, p.217). A equação 3.4 e as condições 3.5, 3.6 e 3.7 definem a formulação matemática do modelo.

$$Max z = \sum_{t=1}^p \sum_{i \in P_t} \sum_{j=1}^m v_i x_{ij} \quad (3.4)$$

S.A.

$$\sum_{t=1}^p \sum_{i \in P_t} c_{ik} x_{ij} \leq b_{jk}, \quad j \in \{1, \dots, m\}, \quad k \in \{1, \dots, r\} \quad (3.5)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in P = \bigcup_{t=1}^p P_t = \{1, \dots, n\}, \quad j \in \{1, \dots, m\} \quad (3.6)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1, \quad i \in \{1, \dots, n\} \quad (3.7)$$

Onde:

- x_{ij} é uma variável binária que indica se o contribuinte i está selecionado para a auditoria que será executada pelo auditor j ;
- n é o número de contribuintes;
- i é o índice para os contribuintes, $1 \leq i \leq n$;
- v_i é o valor ou *score* do contribuinte i ;
- m é o número de auditores;
- j é o índice para os auditores, $1 \leq j \leq m$;
- p é o número de portes dos contribuintes;
- t é o índice para os portes dos contribuintes, $1 \leq t \leq p$, sendo $t = 1$, correspondendo ao menor porte e $t = p$ correspondendo ao maior porte;
- P_t é o conjunto dos contribuintes de porte t ;
- r é o número de recursos utilizados para execução das auditorias;
- k é o índice para os recursos, $1 \leq k \leq r$;
- c_{tk} é a quantidade do recurso k utilizada em uma auditoria executada para um contribuinte de porte t ;
- b_{jk} é a quantidade limite do recurso k para o auditor j .

Na próxima seção veremos como calcular os valores (*scores*) v dos contribuintes.

3.3.1 FUNÇÃO DE VALOR DO CONTRIBUINTE - v

O termo *valor*, neste trabalho, pode ser entendido como a representação numérica da indicação do contribuinte para a auditoria. Antes de apresentar como calculamos os valores ou *scores* dos contribuintes é necessário definir alguns termos, pertinentes ao tema tomada de decisão, os quais passaremos a utilizar.

3.3.1.1 ANÁLISE DE DECISÃO

Uma decisão pode ser definida como a escolha entre várias alternativas (RAMOS, 2000). No contexto deste trabalho, as alternativas representam os diferentes contribuintes avaliados.

Um critério representa uma condição que se pode quantificar ou avaliar e que contribui para a tomada de decisão (RAMOS, 2000). É a medida de uma evidência que, entre outras, serve de base para a decisão. Podem ser de dois tipos: Exclusão ou Fator.

Uma exclusão é um critério que limita as alternativas em consideração na análise (RAMOS, 2000). Por exemplo, considerar apenas os contribuintes de determinada atividade econômica.

Um fator é um critério que acentua ou diminui a aptidão de uma determinada alternativa para o objetivo em questão (RAMOS, 2000). Normalmente esta aptidão é medida em uma escala contínua. Um exemplo de fator é um índice que mede a possibilidade de omissão de saídas de um contribuinte.

Regra de decisão é o procedimento através do qual os critérios são combinados para chegar a uma determinada avaliação, incluindo a própria comparação entre avaliações no sentido de produzir decisões (RAMOS, 2000). Tipicamente, as regras de decisão incluem formas de normalizar e combinar diferentes critérios, resultando um índice composto e uma regra que rege a comparação entre alternativas utilizando este índice.

As regras de decisão são estruturadas de acordo com um objetivo específico o qual corresponde às motivações do agente de decisão. Para atingir o objetivo diversos critérios devem ser avaliados e combinados através de procedimentos freqüentemente denominados de Análise Multicritério de Decisão. (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004) (NORONHA, 2003) (OLIVEIRA, 2001) (ZHANG; PU, 2004)

3.3.1.2 IMPORTÂNCIA DOS CRITÉRIOS

Uma das dificuldades encontradas em um processo de decisão que envolve muitos critérios é o modo como se deve quantificar a importância relativa de cada um deles. Isto é feito normalmente atribuindo um peso a cada critério, respeitando as preferências do agente de decisão.

A atribuição de pesos que representem as preferências do agente de decisão em relação aos critérios observados é um problema conhecido na literatura como *preference elicitation*. Vários métodos são propostos para enfrentar o problema (CHEN; PU, 2004) (RAMOS, 2000).

Neste trabalho utilizamos um método baseado em comparações par a par de critérios desenvolvido por Saaty (1994) no contexto de um processo de tomada de decisão denominado de *Analytic Hierarchy Process (AHP)* (SAATY, 1998) (SAATY, 2003). Esse método é freqüentemente utilizado em trabalhos que envolvem processos de decisão com múltiplos critérios (NETO, 2003) (PAMPLONA, 1999) (PAMPLONA; SALOMAN; MONTEVECHI, 1999) (MOREIRA; CÂMARA; FILHO, 2001).

O método *AHP* fundamenta-se na comparação dos critérios, par a par. A partir da construção de uma matriz quadrada recíproca, avalia-se a importância de um critério sobre o outro, utilizando-se para isto uma escala adequada. O resultado final da aplicação do método são os valores dos pesos w_1, w_2, \dots, w_q correspondendo aos critérios Cr_1, Cr_2, \dots, Cr_q . Uma explicação mais detalhada sobre o método *AHP* é apresentada na seção A.2 do apêndice.

3.3.1.3 NORMALIZAÇÃO DE CRITÉRIOS

Na maioria das vezes os valores dos diferentes critérios não são comparáveis entre si, inviabilizando, assim, o procedimento de agregação. Neste caso é necessário normalizar os valores dos critérios para uma mesma escala, normalmente o intervalo $[0, 1]$. Um procedimento (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004) (RAMOS, 2000) freqüentemente adotado para este fim utiliza os valores máximo e mínimo para a definição de uma escala, conforme a Equação 3.8

$$I_{C_s} = \frac{(R_s - R_{s_{min}})}{(R_{s_{max}} - R_{s_{min}})} \quad (3.8)$$

onde R_s é o valor do critério a normalizar e $R_{s_{min}}$ e $R_{s_{max}}$ são os valores mínimo e máximo do critério, respectivamente.

3.3.1.4 COMBINAÇÃO DE CRITÉRIOS

Após normalizar os valores dos critérios para um o intervalo $[0, 1]$ estes já podem ser agregados conforme a regra de decisão. Existem diversos operadores para a combinação de critérios (RAMOS, 2000) (CALIJURI; MELO; LORENTZ, 2002) (VALENTE; VETTORAZZI, 2005) (SOARES, 2003) (CARLSSON; FULLER, 1997). Em nosso trabalho adotamos o operador Média Ponderada Ordenada (*Ordered Weighted Average - OWA*) introduzido por Yager (1988). Esta técnica além de utilizar os pesos das importâncias dos critérios (chamados aqui de pesos de compensação) considera outro conjunto de pesos (chamados de pesos de ordenação) que não estão ligados a quaisquer fatores, mas que são aplicados em uma ordem após a multiplicação dos fatores pelos pesos de compensação.

Assumindo que

- $I = (Ic_1, Ic_2, \dots, Ic_q)$, o vetor com os valores normalizados;
- $W = (w_1, w_2, \dots, w_q)$, com $w_s \in [0, 1]$, $1 \leq s \leq q$ e $\sum_{s=1}^q w_s = 1$, o vetor com os pesos de compensação;
- $O = (o_1, o_2, \dots, o_q)$, com $o_s \in [0, 1]$, $1 \leq s \leq q$ e $\sum_{s=1}^q o_s = 1$, o vetor com os pesos de ordenação;
- $G = (g_1, g_2, \dots, g_q) = Ord_{asc}[(w_1 * Ic_1, w_2 * Ic_2, \dots, w_q * Ic_q)]$, o vetor ordenado dos valores normalizados multiplicados pelos pesos de compensação;

então, um operador *OWA* de dimensão q é um mapeamento $F : \Re^q \rightarrow [0, 1]$, tal que:

$$F(I) = \sum_{s=1}^q o_s g_s \quad (3.9)$$

3.3.1.5 CÁLCULO DO VALOR v DO CONTRIBUINTE

Podemos dizer que, em um problema de decisão, existe uma função de valor real v sobre o conjunto de alternativas A que o agente de decisão deseja examinar. Essa função agrega os critérios Cr_1, Cr_2, \dots, Cr_q . Assim, seja a uma alternativa e A o conjunto de todas as alternativas. Para cada alternativa $a \in A$ são associados q valores $Ic_1(a), Ic_2(a), \dots, Ic_q(a)$, correspondentes aos Cr_1, Cr_2, \dots, Cr_q critérios considerados na avaliação. O problema do agente de decisão consiste em escolher as alternativas em A que melhor o satisfaçam com relação aos resultados $Ic_1(a), Ic_2(a), \dots, Ic_q(a)$. Dessa forma, é

necessário obter uma função v que combine $Ic_1(a), Ic_2(a), \dots, Ic_q(a)$ em um índice escalar de "desejabilidade" ou valor. A função v é denominada função de valor.

No contexto deste trabalho, o conjunto A de alternativas corresponde ao conjunto dos contribuintes. Os critérios Cr_1, Cr_2, \dots, Cr_q correspondem aos fatores de avaliação definidos pelo agente de decisão.

Admitindo que o agente de decisão defina q critérios, teremos $I = (Ic_1, Ic_2, \dots, Ic_q)$, com $Ic_s \in [0, 1]$ e $1 \leq s \leq q$, definido pela Equação 3.8. Assim, a função de valor v terá a forma de um operador *OWA* conforme a Equação 3.9, onde os pesos de compensação (w_s) serão calculados pelo método das comparações par a par, e os pesos de ordenação (o_s) aplicados conforme a estratégia (definida mais adiante, podendo ser pessimista, neutra, otimista ou alguma variante destas) de combinação de critérios adotada pelo agente de decisão. Então, a função de valor do contribuinte v adotada no modelo tem a forma da Equação 3.10.

$$v(I) = \sum_{s=1}^q o_s g_s \quad (3.10)$$

3.3.2 CENÁRIOS DE AVALIAÇÃO

A quantidade de opções possíveis para a definição dos pesos de compensação w_s como também dos pesos de ordenação o_s permite a definição de vários cenários de avaliação. Conforme o agente de decisão defina as importâncias relativas dos critérios e também adote determinado conjunto de pesos de ordenação do operador *OWA*, teremos diferentes valores v calculados. Os diferentes cenários são nomeados pelo identificador do conjunto de pesos de compensação $C*$ concatenado com o identificador do conjunto de pesos de ordenação (estratégia) $E*$. Por exemplo, o cenário $C1E1$ corresponde ao conjunto de pesos de compensação $C1$ combinado com a estratégia $E1$.

Os pesos de compensação variam conforme o agente de decisão modifique as importâncias relativas dos critérios durante a aplicação do método de comparações par a par.

Já os pesos de ordenação variam conforme o agente de decisão escolha qual estratégia adotar para a combinação de critérios. As estratégias podem variar de *pessimista* à *otimista*, passando pelo meio termo, chamada de *neutra*. A estratégia pessimista equivale ao resultado do *mínimo* dos *scores* dos critérios, enquanto que a estratégia otimista corresponde ao *máximo*. A estratégia neutra tem como resultado o *score médio*.

3.4 ESTUDO DE CASO

Apresentamos um estudo de caso onde aplicamos o modelo com três critérios. Serão três índices calculados a partir dos dados disponibilizados por uma AT. É importante dizer que o modelo não se limita aos critérios escolhidos e poderá também ser utilizado com outros critérios definidos pelo agente de decisão.

Nesse contexto, estabelecemos a seguir os índices que representam os critérios de seleção dos contribuintes para o estudo de caso. São eles:

- I_{c_1} - Dissimilaridade em relação ao grupo *CNAE*;
- I_{c_2} - Índícios de omissão de saídas;
- I_{c_3} - Importância econômica-financeira.

Os valores dos índices derivam de algumas das variáveis que serão analisadas na seção 3.4.1. A ferramenta *R* (TEAM, 2006) foi utilizada para efetuar os cálculos e também para aplicar as técnicas estatísticas. Entretanto, detalhes dos cálculos dos índices não podem ser divulgados neste trabalho para proteger o sigilo em relação aos critérios de seleção de contribuintes adotados pela AT. O modelo de otimização foi implementado através do programa de computador *GAMS* (GAMS DEVELOPMENT CORPORATION, 2005a).

3.4.1 ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados disponíveis são derivados das declarações prestadas pelos contribuintes ou podem ser informados por terceiros, geralmente a partir de convênios firmados com outras instituições.

As técnicas estatísticas utilizadas nesta seção encontram-se em Anderson, Sweeney e Williams (2002), Hair et al. (2005), Kubrusly (2001), Moita e Moita (1998) e Marques e Marques (2005).

Para esta pesquisa foram utilizados dados referentes ao ano de 2005 dos contribuintes pertencentes ao grupo *CNAE-Fiscal* 524 - Comércio Varejista de Outros Produtos. Este grupo caracteriza-se pela alta representatividade, em termos de quantidade de contribuintes, com 7.857 contribuintes cadastrados até o ano de referência. Deste total analisamos uma amostra com dados de 1.148 (14.61%) contribuintes.

Vimos na seção 2.4 que o sigilo em relação aos critérios de seleção de contribuintes é favorável à AT no chamado *jogo tributário*. Em virtude disso, não mostraremos aqui os nomes originais das variáveis analisadas. Para nossa pesquisa dispomos de 9 variáveis, aqui denotadas por X_1, X_2, \dots, X_9 . As variáveis X_1, X_2, \dots, X_7 referem-se à magnitude econômica-financeira dos contribuintes. A variável X_8 diz respeito ao tempo de existência dos contribuintes, enquanto que, a variável X_9 está associada ao padrão de relacionamento do contribuinte com o fisco. Todas as variáveis foram obtidas através de consultas ao *Data Warehouse* mantido pela AT.

Inicialmente, foi feita uma análise exploratória dos dados disponíveis. Na Tabela 3 relacionamos algumas medidas das variáveis observadas na análise descritiva quantitativa.

Tabela 3: Variáveis originais

VARIÁVEL	MÍN	q_1	MEDIANA	q_3	MÁX	MÉDIA	DP	SIMETRIA	CURTOSE
X1	319,00	53.667,49	172.730,70	596.835,40	26.833.036,00	701.712,80	1.650.382,00	6,50	71,38
X2	632,26	67.083,70	196.369,90	597.933,60	36.805.170,00	772.114,10	2.215.776,00	8,75	108,48
X3	0,05	1.158,43	6.142,60	26.782,92	1.118.492,00	38.481,70	98.545,68	5,19	39,20
X4	90,00	51.311,39	170.698,10	580.711,60	26.833.036,00	683.217,00	1.620.006,00	6,74	76,50
X5	3,46	1.181,80	5.874,12	25.458,86	1.117.280,00	37.754,66	97.580,35	5,26	40,34
X6	16,78	11.257,66	36.113,72	109.479,50	11.273.087,00	153.314,10	584.559,80	12,72	203,17
X7	3,13	598,61	4.203,47	32.708,22	8.586.787,00	99.529,38	499.939,10	12,43	185,59
X8	14	58	97	157	671	121,92	94,24	2,12	9,81
X9	0	0	0	1	8	0,50	0,98	2,93	14,73

MÍN = valor mínimo; q_1 = primeiro quartil; MEDIANA = valor da mediana; q_3 = terceiro quartil; MÁX = valor máximo; MÉDIA = valor médio; DP = desvio padrão; SIMETRIA = coeficiente de simetria; CURTOSE = medida de curtose

A Tabela 3 (ver também a seção A.1 do apêndice) mostra que todas as variáveis apresentam distribuições assimétricas. As variáveis X_1, X_2, \dots, X_7 , além disso, apresentam grandes amplitudes e elevadas dispersões. A variável X_8 também é dispersa, embora não tanto quanto as anteriores. Já a variável X_9 apresenta muitas observações com valores iguais a 0.

Hair et al. (2005) afirmam que a normalidade, ou seja, a adequação da distribuição da variável em relação à distribuição normal, é fundamental para a aplicação de técnicas de análise multivariada de dados. Caso a distribuição de uma variável não apresente essa característica, aconselha-se realizar uma transformação de forma a atingir a normalidade.

Desta forma, realizamos algumas transformações nas variáveis para tornar suas distribuições mais próximas da distribuição normal. As transformações realizadas nas variáveis X_1, X_2, \dots, X_8 seguiram o padrão descrito na equação 3.11.

$$Y_p = \begin{cases} X^p, & p > 0 \\ \ln(1 + X), & p = 0 \\ -X^p, & p < 0 \end{cases} \quad (3.11)$$

Optamos por transformar a variável X_9 em uma variável binária da forma descrita na equação 3.12:

$$Y_{9_i} = \begin{cases} 0, & X_{9_i} = 0 \\ 1, & X_{9_i} > 0 \end{cases} \quad (3.12)$$

A tabela 4 mostra uma análise descritiva quantitativa, desta vez com as variáveis transformadas. A coluna p corresponde ao parâmetro utilizado para a transformação Y_p .

Tabela 4: Variáveis transformadas

VARIÁVEL	MÍN	q_1	MEDIANA	q_3	MÁX	MÉDIA	DP	SIMETRIA	CURTOSE	p
Y1	1,059	1,115	1,128	1,142	1,187	1,129	0,019	0,012	2,928	0,01
Y2	6,451	11,110	12,190	13,300	17,420	12,210	1,638	0,017	3,190	0,00
Y3	0,787	1,758	2,009	2,261	3,047	2,007	0,378	0,012	2,781	0,08
Y4	1,197	1,543	1,619	1,700	1,982	1,623	0,114	0,026	3,051	0,04
Y5	1,051	1,327	1,415	1,500	1,746	1,413	0,127	-0,008	2,602	0,04
Y6	1,184	1,750	1,877	2,006	2,649	1,875	0,206	0,026	3,430	0,06
Y7	1,418	6,396	8,344	10,400	15,970	8,378	2,754	0,035	2,480	0,00
Y8	1,235	1,384	1,442	1,499	1,683	1,441	0,084	0,004	2,801	0,08

MÍN = valor mínimo; q_1 = primeiro quartil; MEDIANA = valor da mediana; q_3 = terceiro quartil; MÁX = valor máximo; MÉDIA = valor médio; DP = desvio padrão; SIMETRIA = coeficiente de simetria; CURTOSE = medida de curtose; p = parâmetro da transformação

A tabela 5 mostra a matriz de correlação entre as variáveis.

Tabela 5: Matriz de correlação

VARIÁVEL	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9
Y_1	1,000	0,885	0,654	0,971	0,662	0,645	0,633	0,056	0,228
Y_2	0,885	1,000	0,620	0,851	0,626	0,747	0,631	0,032	0,212
Y_3	0,654	0,620	1,000	0,651	0,992	0,329	0,553	0,082	0,278
Y_4	0,971	0,851	0,651	1,000	0,660	0,601	0,577	0,053	0,229
Y_5	0,662	0,626	0,992	0,660	1,000	0,329	0,557	0,073	0,267
Y_6	0,645	0,747	0,329	0,601	0,329	1,000	0,473	0,070	0,142
Y_7	0,633	0,631	0,553	0,577	0,557	0,473	1,000	0,007	0,238
Y_8	0,056	0,032	0,082	0,053	0,073	0,070	0,007	1,000	0,249
Y_9	0,228	0,212	0,278	0,229	0,267	0,142	0,238	0,249	1,000

Nota-se que as variáveis Y_3 e Y_5 possuem a maior correlação (0,992). Além disso, observa-se que as variáveis Y_1 e Y_2 possuem alta correlação (0,885) e ambas também apresentam elevadas correlações com a variável Y_4 (0,971 e 0,851, respectivamente). Em virtude disso, aplicamos um método utilizado em Linhares e Ponzoni (2001), para descartar as variáveis Y_1 , Y_2 e Y_3 , sem grandes perdas de informação, reduzindo assim o número de variáveis utilizadas para classificar os contribuintes quanto à magnitude econômica-financeira.

Na seção 2.5 vimos alguns dos critérios que podem ser utilizados para classificar contribuintes. Um dos critérios de classificação é o *porte*, que pode ser calculado em função de atributos que representem a magnitude econômica-financeira dos contribuintes. Sabe-se que as metas de produtividade e o tempo gasto em uma auditoria variam conforme o porte do contribuinte. Calculamos o porte dos contribuintes considerando as variáveis Y_4 , Y_5 , Y_6 e Y_7 .

Outro critério de classificação de contribuintes observado na seção 2.5 é o tempo de existência. A variável Y_8 foi utilizada para classificar os contribuintes por este critério.

Utilizando a técnica de análise de agrupamentos (HAIR et al., 2005), através do algoritmo *k-means*, classificamos os contribuintes em micro (MIC), pequeno (PEQ), médio (MED), grande (GRD) e muito grande (MGR) porte. A mesma técnica foi utilizada para classificar os contribuintes, pelo critério de tempo de existência, em júnior (JR), pleno (PL), sênior (SN) e máster (MS). As Tabelas 6 e 7 mostram, respectivamente, os resultados da classificação por porte e por tempo de existência.

Tabela 6: Classificação por porte

CLUSTER	CENTROY4	CENTROY5	CENTROY6	CENTROY7	PORTE	QTD	%
1	1,664	1,462	1,913	10,503	GRD	260	22,65
2	1,608	1,418	1,819	8,443	MED	307	26,74
3	1,545	1,300	1,804	3,948	MIC	147	12,80
4	1,571	1,361	1,802	6,391	PEQ	289	25,17
5	1,769	1,536	2,145	12,878	MGR	145	12,63

Tabela 7: Classificação por tempo de existência

CLUSTER	CENTROY8	IDADE	QTD	%
1	1,413	PL	451	39,29
2	1,314	JR	200	17,42
3	1,493	SN	356	31,01
4	1,580	MS	141	12,28

A variável Y_9 foi utilizada para classificar os contribuintes quanto ao padrão de comportamento em relação ao cumprimento de suas obrigações tributárias. Por esse critério, o contribuinte pode ser classificado em infrator (I) ou não infrator (NI), conforme mostra a Tabela 8.

Tabela 8: Classificação por cumprimento das obrigações tributárias

Y_9	CLASSE	QTD	%
0	NI	808	70,38
1	I	340	29,62

A classificação por *porte* é utilizada no nosso modelo com o objetivo de dimensionar a utilização dos recursos disponíveis para execução das auditorias. Já as classificações por *tempo de existência* e por *padrão de comportamento em relação ao cumprimento das obrigações tributárias* têm o intuito de propiciar elementos adicionais para a análise do estudo de caso.

3.4.2 RESTRIÇÕES DO MODELO

Restrições foram incorporadas ao modelo de forma a respeitar as limitações de recursos humanos e financeiros, bem como, as resoluções de naturezas logísticas e legais adotadas pela AT.

O modelo deve selecionar uma determinada quantidade de contribuintes de forma que atenda aos itens a seguir:

- A soma dos tempos estimados para execução das auditorias nos contribuintes selecionados não deve exceder o limite do prazo fixado para cada auditor;
- A soma dos pontos de produtividade por auditoria de todos auditores não deve exceder o limite máximo fixado;
- A soma dos pontos de produtividade por auditoria, para cada auditor, não deve ser menor que o limite mínimo por auditor;
- Os pontos de produtividade por porte, para cada auditor, não deve ser zero nem exceder os limites máximos fixados para cada porte;
- Cada contribuinte selecionado deve ser auditado por apenas um auditor.

Vimos na seção 3.3 que a demanda de recursos é proporcional ao porte do contribuinte. Na seção 3.4.1 mostramos como foi realizada a classificação dos contribuintes por porte. Então, os fatores de demanda de tempo de execução das auditorias e de prêmio de produtividade foram especificados proporcionalmente ao porte do contribuinte conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9: Limitação de recursos em função do porte

PORTE		TMP	PRD	PRP
		$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$
MIC	$t = 1$	1	05	0,20
PEQ	$t = 2$	2	10	0,30
MED	$t = 3$	3	15	0,60
GRD	$t = 4$	4	20	0,60
MGR	$t = 5$	5	25	0,75

Explicando melhor, se um contribuinte de porte *MED* ($t = 3$) for selecionado para a auditoria, estima-se que esta levará 3,0 (c_{31}) unidades de tempo (TMP) para ser concluída e corresponderá a um prêmio de produtividade (PRD) de 15 (c_{32}) pontos para o

auditor que executá-la. Além disso, a soma dos pontos de produtividade pagos por auditorias em contribuintes de porte *MED* não deve superar 60% (c_{33}) do total de pontos de produtividade por auditor (PRP).

Para este estudo de caso, fixamos o número de auditores disponíveis em $m = 5$ (A_1, A_2, \dots, A_5), o prazo que cada auditor tem para a execução das auditorias em $b_{j1} = 30$ dias, o limite máximo de produtividade em $a = 550$ pontos e o mínimo de pontos de produtividade para cada auditor em $b_{j2} = 100$.

Então, listamos a seguir as restrições aplicadas ao modelo.

O prazo para execução das auditorias está representado no modelo pela inequação 3.13.

$$\sum_{t=1}^p \sum_{i \in P_t} c_{t1} x_{ij} \leq b_{j1}; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3.13)$$

O total de pontos de produtividade está representado pela inequação 3.14.

$$\sum_{t=1}^p \sum_{i \in P_t} \sum_{j=1}^m c_{t2} x_{ij} \leq a \quad (3.14)$$

A garantia do limite mínimo de produtividade para cada auditor está representada pela inequação 3.15.

$$\sum_{t=1}^p \sum_{i \in P_t} c_{t2} x_{ij} \geq b_{j2}; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3.15)$$

O limite máximo de pontos de produtividade por porte, para cada auditor, está representado pela inequação 3.16.

$$\sum_{t=1}^p \sum_{i \in P_t} c_{t2} x_{ij} \leq (b_{j2} \times c_{t3}); \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3.16)$$

O limite mínimo de pontos de produtividade por porte, para cada auditor, está representado pela inequação 3.17.

$$\sum_{t=1}^p \sum_{i \in P_t} c_{t2} x_{ij} \geq 1; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3.17)$$

A garantia de que um contribuinte seja selecionado para apenas um auditor está

representada pela inequação 3.18.

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.18)$$

Onde,

- x_{ij} é uma variável binária que indica se o contribuinte i está selecionado para auditoria que será realizada pelo auditor j ;
- c_{t1} é o tempo estimado para execução de auditoria em um contribuinte de porte t ;
- c_{t2} é a quantidade de pontos de produtividade obtida por uma auditoria em um contribuinte de porte t ;
- c_{t3} é o percentual do máximo de pontos de produtividade para auditorias em contribuintes de porte t ;
- a é o total de pontos de produtividade disponíveis para todas as auditorias;
- b_{j1} é o prazo, em dias, que o auditor j tem para executar as auditorias;
- b_{j2} é a quantidade mínima de pontos de produtividade que deverá ser atribuída ao auditor j .

3.4.3 CENÁRIOS

Vimos que os pesos de compensação dos critérios (w_s) são definidos pelo agente de decisão através da aplicação do método de comparações par a par. Vimos também que os pesos de ordenação (o_s) são definidos de acordo com a estratégia de combinação de critérios adotada. Isto permite que sejam criados vários cenários para o estudo de caso, através da associação de um conjunto de pesos de compensação (C^*) com um conjunto de pesos de ordenação (ou estratégia, E^*).

A Tabela 10 mostra os conjuntos de pesos de compensação utilizados para a criação dos cenários.

No conjunto de pesos de compensação $C1$, o agente de decisão estabelece que o índice Ic_1 tem a maior importância quando comparado aos outros dois índices, Ic_2 e Ic_3 , considerados, os dois, com a mesma importância. Em cada conjunto de pesos apenas um dos índices tem a maior importância, enquanto que, os dois restantes têm a mesma

Tabela 10: Pesos de compensação

Conjunto	Critério	Peso w_i
C1	Ic_1	0,818
	Ic_2	0,091
	Ic_3	0,091
	Σ	1,000
C2	Ic_1	0,091
	Ic_2	0,818
	Ic_3	0,091
	Σ	1,000
C3	Ic_1	0,091
	Ic_2	0,091
	Ic_3	0,818
	Σ	1,000

importância. As matrizes de comparações *AHP* correspondentes aos conjuntos de pesos *C1*, *C2* e *C3* encontram-se na seção A.3 do apêndice.

A Tabela 11 mostra as estratégias de pesos de ordenação utilizadas para a criação dos cenários. Os pesos o_1 , o_2 e o_3 são os componentes do vetor de pesos de ordenação utilizado pelo operador *OWA*.

Tabela 11: Pesos de ordenação

Estratégia	Característica	o_1	o_2	o_3
E1	Otimista	0,00	0,00	1,00
E2	Pessimista	1,00	0,00	0,00
E3	Neutra	0,33	0,33	0,33

Os cenários são montados a partir da combinação de um conjunto de pesos de compensação com uma estratégia. Por exemplo, o cenário *C1E1* corresponde ao conjunto de pesos *C1* associado à estratégia *E1* (otimista).

3.4.4 RESULTADOS OBTIDOS

Executamos o modelo de otimização com dados dos 1.148 contribuintes do grupo *CNAE-Fiscal 524 - Comércio Varejista de Outros Produtos*, que entregaram declarações no ano de 2005.

O modelo de programação inteira mista foi implementado em *GAMS* (GAMS DEVELOPMENT CORPORATION, 2005a) e utilizou-se o *solver CPLEX* (GAMS DEVELOPMENT CORPORATION, 2005b). A Tabela 12 mostra um resumo dos resultados de cada cenário. Os cenários são formados como explicado na seção 3.4.3.

Como pode ser observado na Tabela 12, o *solver* encontrou a solução ótima para todos os cenários. O cenário *C1E1* apresentou o maior valor para a função objetivo, enquanto que o cenário *C1E2* apresentou o menor valor. Este resultado mostra-se coerente pois a estratégia *otimista* (*E1*) privilegia os maiores *scores* enquanto que a estratégia *pessimista* (*E2*) privilegia os menores *scores*.

Nota-se que o cenário *C1E1* apresentou o maior número de iterações e também o menor tempo de execução. O cenário *C2E1* apresentou o menor número de iterações, enquanto que, o cenário *C3E2* foi o que apresentou o maior tempo de processamento.

Tabela 12: Resumo da execução do modelo por cenário

	C1E1	C1E2	C1E3	C2E1	C2E2	C2E3	C3E1	C3E2	C3E3
Variáveis	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741	5.741
Objetivo (z)	36,164	2,398	13,350	24,349	3,207	9,621	30,044	2,496	11,527
Iterações	186	168	169	151	168	178	175	157	175
Tempo (seg)	0,781	0,921	0,891	0,881	0,931	0,932	0,851	0,942	0,891
Ótimo	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Em todos os cenários, o *solver* selecionou a mesma quantidade (50) de contribuintes de tal forma que cada auditor ficou responsável por executar 10 auditorias, estas, distribuídas (ver Tabela 13, coluna N) da seguinte forma: 1 de porte MGR, 1 de porte GRD, 1 de porte MED, 3 de porte PEQ e 4 de porte MIC. O tempo estimado para execução das auditorias, para cada auditor, foi de 22 dias. Os pontos de produtividade, para cada auditor, somaram 110, totalizando 550 para todos os auditores, respeitando assim, ao limite máximo estabelecido para todas as auditorias. Os pontos de produtividade por porte se mantiveram em 20, 30, 15, 20 e 25, respectivamente para os portes MIC, PEQ, MED, GRD e MGR. Isto evidencia que as restrições do modelo foram todas respeitadas, ou seja, o tempo estimado está dentro do prazo, os pontos de produtividade estão dentro dos limites e distribuídos entre contribuintes de todos os portes.

Tabela 13: Resultados de restrições para todos os cenários

	TMP	PRD	PRP	N	Tempo	Pontos	% Porte
MIC	1	5	0,20	4	4	20	0,20
PEQ	2	10	0,30	3	6	30	0,30
MED	3	15	0,60	1	3	15	0,15
GRD	4	20	0,60	1	4	20	0,20
MGR	5	25	0,75	1	5	25	0,25
Σ	-	-	-	10	22	110	-

A Tabela 14 mostra a quantidade de contribuintes selecionados e que aparecem em uma relação, denominada de *Top50*, contendo os 50 maiores contribuintes ordenados pela

média dos índices I_{c_1} , I_{c_2} e I_{c_3} . Destacam-se nesse aspecto os cenários $C1E3$, $C2E2$ e $C1E1$. Nota-se também por esse aspecto a coerência dos resultados obtidos, uma vez que, na maioria dos cenários, 50% ou mais dos contribuintes selecionados constam na relação *Top50*.

Tabela 14: Comparação com a relação Top50

	E1	E2	E3
C1	28	6	29
C2	9	29	10
C3	25	13	27

A Tabela 15 mostra a quantidade de contribuintes selecionados e que constam nas relações dos contribuintes que apresentam maiores valores para os índices I_{c_1} , I_{c_2} e I_{c_3} . Nesse aspecto, destacam-se os cenários $C1E1$ e $C1E3$, para o índice I_{c_1} , $C2E1$ e $C2E3$, para o índice I_{c_2} , e, $C3E1$ e $C3E3$, para o índice I_{c_3} . Verifica-se que os conjuntos de pesos coincidem com o índice de maior importância dos cenários.

Tabela 15: Comparação com a relação Top50 de cada índice

	I1	I2	I3
C1E1	37	9	16
C1E2	4	20	2
C1E3	37	10	16
C2E1	7	37	2
C2E2	20	3	27
C2E3	8	36	2
C3E1	17	2	32
C3E2	9	23	2
C3E3	18	2	32

A Tabela 16 mostra o total de contribuintes selecionados por idade em cada cenário. Os cenários $C2E1$, $C3E2$ e $C3E1$ apresentaram mais contribuintes de idades plena (PL), sênior (SN) e master (MS), respectivamente. Este resultado sinaliza como a classificação por tempo de existência (idade) pode ser usada pelo agente de decisão para estabelecer um perfil dos contribuintes selecionados.

Tabela 16: Contribuintes selecionados por idade em cada cenário

IDADE	C1E1	C1E2	C1E3	C2E1	C2E2	C2E3	C3E1	C3E2	C3E3
JR	9	9	9	6	9	6	7	6	7
PL	18	19	17	23	17	21	16	18	17
SN	11	9	11	8	10	11	9	14	9
MS	12	13	13	13	14	12	18	12	17

A Tabela 17 mostra o total de contribuintes selecionados por padrão de comportamento em relação ao cumprimento de suas obrigações tributárias e por cenário. Obteve o maior destaque nesse aspecto o cenário *C3E1* que selecionou 18 (36,0%) contribuintes do padrão *infrator* (I). Por outro lado, é possível que os contribuintes previamente classificados como *não infratores* (NI) possam apresentar esta característica em consequência de um processo anterior de seleção inadequado ou pouco eficiente.

Tabela 17: Contribuintes selecionados por padrão e cenário

	C1E1	C1E2	C1E3	C2E1	C2E2	C2E3	C3E1	C3E2	C3E3
I	11	7	12	10	13	11	18	9	17
NI	39	43	38	40	37	39	32	41	33

Enfim, podemos destacar o cenário *C1E1* neste estudo de caso pelo fato de ter chegado ao maior valor para a função objetivo e também por ter apresentado uma quantidade significativa de contribuintes selecionados que constam na lista dos maiores contribuintes ordenados pela média dos índices. O cenário *C3E1* também merece destaque por ter alcançado o segundo maior valor para a função objetivo e também por ter apresentado a maior quantidade de contribuintes com padrão *Infrator* (I) entre todos os cenários.

Apesar dos resultados obtidos serem coerentes em relação ao processo de seleção de contribuintes, para uma melhor avaliação do modelo seria necessário verificar, após as execuções das auditorias, quantas efetivamente resultaram em autos de infração e qual o montante de imposto foi recuperado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho utilizamos uma abordagem multicritério de decisão para tratar o problema da seleção de contribuintes do *ICMS* para fins de auditoria fiscal através da elaboração de um modelo de otimização combinatória baseado no clássico *problema da mochila*.

4.1 CONCLUSÕES

Nesta dissertação formulamos um modelo de otimização combinatória para o processo de seleção de contribuintes do *ICMS* para fins de auditoria fiscal. A importância deste tema pode ser observada pela atenção que os governos estaduais têm demonstrado para obtenção dos recursos financeiros necessários aos seus orçamentos. Assim, dado que o *ICMS* é o principal tributo de competência dos estados, o combate à sonegação desse imposto tem sido a estratégia adotada para buscar o aumento da arrecadação.

Nos primeiros capítulos apresentamos as características do problema em questão e como ele tem sido estudado através de uma revisão de literatura.

Em seguida, estruturamos um modelo de otimização combinatória baseado no clássico *problema da mochila* com o objetivo de selecionar os contribuintes mais qualificados para a auditoria fiscal, considerando os critérios e as regras adotados pelo agente de decisão.

O modelo de otimização combinatória construído tem o objetivo de maximizar o valor da indicação dos contribuintes para a auditoria. Esse valor é calculado através de uma abordagem multicritério de decisão com base em índices de critérios que acentuam ou diminuem a aptidão do contribuinte para o objetivo em questão. Nessa abordagem, o agente de decisão estabelece os critérios e define a importância relativa entre eles através do procedimento de comparações par a par, utilizada pelo método *AHP*. Em seguida, os valores dos critérios são combinados, através de um operador *OWA*, resultando no valor v do contribuinte.

Submetemos o modelo desenvolvido a um estudo de caso com dados fornecidos por uma Agência Tributária (AT). Inicialmente, realizamos uma análise exploratória dos dados fornecidos. Em seguida, os contribuintes foram classificados quanto ao porte, tempo de existência (idade) e cumprimento das obrigações tributárias. Estabelecemos alguns cenários com base nos critérios e regras definidos pelo agente de decisão. O modelo, então, foi executado para cada cenário, utilizando-se para isso o programa de computador *GAMS*. Os resultados obtidos mostraram-se coerentes, visto que, em todos os cenários, o modelo selecionou contribuintes considerados qualificados para as auditorias, segundo os critérios e regras adotados.

O estudo de caso desenvolvido neste trabalho, além de demonstrar a aplicação do modelo, propiciou um método alternativo para classificação de contribuintes que pode vir a ser adotado por uma Agência Tributária.

A utilização do modelo proposto no âmbito de uma unidade de inteligência fiscal apresenta como vantagens a agilidade do processo de decisão e a objetividade dos modelos matemáticos.

Portanto, os resultados obtidos neste trabalho qualificam o modelo desenvolvido para ser aplicado de forma a contribuir para a melhoria da eficácia do processo de seleção de contribuintes do *ICMS* para fins de auditoria fiscal.

4.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Desenvolver um programa de computador que facilite a entrada de dados e também a confecção de cenários para aplicação do modelo;
- Acrescentar ao modelo outras possíveis restrições que venham a ser definidas pelo agente de decisão;
- Aplicar o modelo em uma Agência Tributária e observar os resultados após as auditorias;
- Aplicar o modelo para outras modalidades de tributos tais como IPTU e IPVA;
- Aplicar o modelo de otimização combinatória em outros problemas que envolvam a seleção das melhores alternativas.

APÊNDICE A

A.1 Diagramas

Tabela 18: Boxplot Y_1 , Y_4 , Y_5 e Y_8

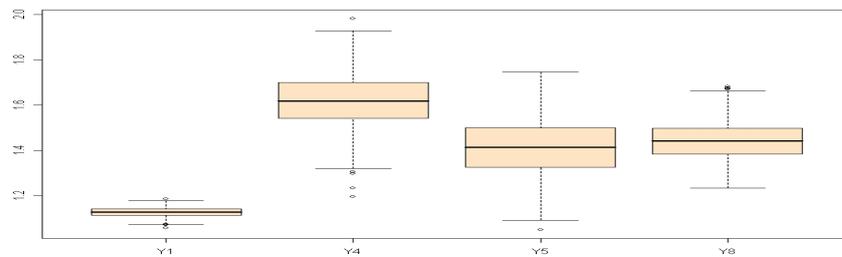


Tabela 19: Boxplot Y_2 e Y_7

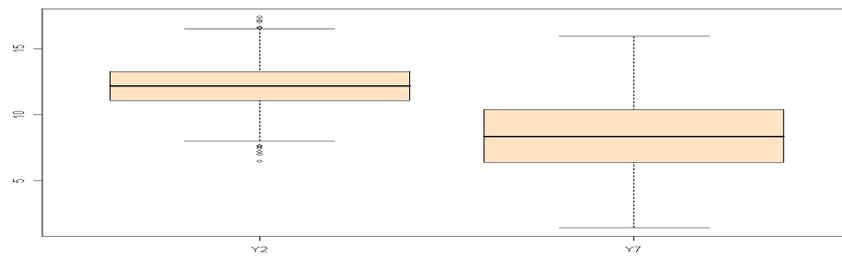
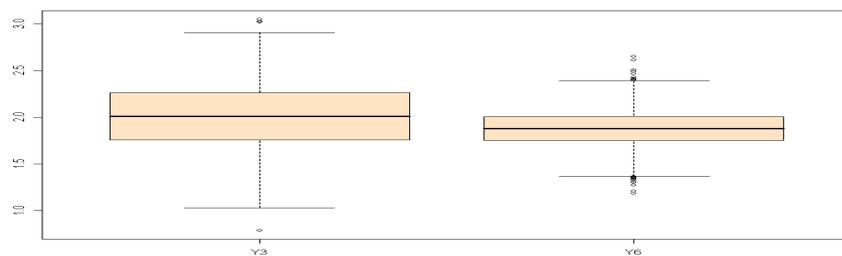


Tabela 20: Boxplot Y_3 e Y_6



A.2 Analytic Hierarchy Process (AHP)

O método *AHP* fundamenta-se na comparação dos critérios, dois a dois. A partir da construção de uma matriz quadrada recíproca, avalia-se a importância de um critério em relação ao outro, utilizando-se para isto uma escala adequada. O método recomenda a utilização da escala mostrada na tabela 21.

Tabela 21: Escala Fundamental de Saaty

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	Dois atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o juízo favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de segurança
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Fonte: Adaptado de (SAATY, 1994)

Em uma matriz de comparações $C = (\alpha_{sh})$ de q critérios (tabela 22), $\alpha_{sh} = \frac{w_s}{w_h}$, com $1 \leq s \leq q$ e $1 \leq h \leq q$, representa o julgamento quantificado do par de critérios (Cr_s, Cr_h) , e é definido pelas seguintes regras:

- Se $\alpha_{sh} = \beta$, então $\alpha_{hs} = \frac{1}{\beta}$, $\beta \neq 0$;
- Se Cr_s é julgado como de igual importância relativo a Cr_h , então $\alpha_{sh} = 1$ e $\alpha_{hs} = 1$;
- $\alpha_{ss} = 1, \forall s$.

É importante destacar que é tarefa do agente de decisão preencher a matriz de comparações, já que os pesos calculados pelo método *AHP* devem refletir a importância que o agente de decisão confere a cada critério. Uma vez preenchida a matriz de comparações, calcula-se o *autovetor* e seu correspondente *autovalor*. Um autovetor (SILVA; KAICK, 2002) de uma matriz quadrada M é um vetor não nulo V tal que $MV = \lambda V$ é verdadeiro para algum escalar λ . No método *AHP*, o autovetor dá a ordem de prioridade ou hierarquia dos critérios. Este resultado é importante para a avaliação dos contribuintes, pois será usado

para representar a importância relativa de cada critério. Um autovalor (SILVA; KAICK, 2002) de uma matriz quadrada M é um escalar λ tal que $MV = \lambda V$ é verdadeiro para algum vetor V não nulo. No método *AHP*, o autovalor permitirá avaliar a coerência ou a qualidade do resultado obtido. Esta é outra vantagem do método *AHP*: a possibilidade de verificação da coerência dos julgamentos.

Tabela 22: Matriz de comparações

	Cr_1	Cr_2	\dots	Cr_q
Cr_1	w_1/w_1	w_1/w_2	\dots	w_1/w_q
Cr_2	w_2/w_1	w_2/w_2	\dots	w_2/w_q
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
Cr_q	w_q/w_1	w_q/w_2	\dots	w_q/w_q

Fonte: Adaptado de (SAATY, 1994)

Cada componente V_s do autovetor V da matriz pode ser estimado pela equação A.1. (PAMPLONA, 1999)

$$V_s = \left(\prod_{h=1}^q \alpha_{sh} \right)^{\frac{1}{q}}; \quad 1 \leq s \leq q \quad (\text{A.1})$$

O autovetor V deve ser normalizado (PAMPLONA, 1999) de acordo com a equação A.2.

$$W = \left| \frac{V_1}{\sum_{s=1}^q V_s}, \frac{V_2}{\sum_{s=1}^q V_s}, \dots, \frac{V_q}{\sum_{s=1}^q V_s} \right| \quad (\text{A.2})$$

Onde W é o autovetor normalizado e, segundo o método, será utilizado para quantificar a importância dos critérios. O método utiliza o autovalor para testar a "coerência" do resultado obtido, o que indica se os dados estão logicamente relacionados. Estima-se inicialmente o autovalor λ_{max} segundo a equação A.3.

$$\lambda_{max} = W \cdot U \quad (\text{A.3})$$

Sendo $U(u_1, u_2, \dots, u_q)$ e u_h calculado pela soma das colunas da matriz de comparações, conforme a equação A.4 (PAMPLONA, 1999).

$$u_h = \sum_{s=1}^q \alpha_{sh}; \quad 1 \leq s \leq q \quad (\text{A.4})$$

Calcula-se, então, o Índice de Consistência (*IC*) através da equação A.5.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - q}{q - 1} \quad (A.5)$$

A razão de consistência (RC) é calculada através da equação A.6.

$$RC = \frac{IC}{CA} \quad (A.6)$$

RC é a razão entre IC e um índice de consistência aleatória (CA). O índice CA é, segundo o método, proveniente de uma amostra de 500 matrizes recíprocas positivas geradas aleatoriamente, de tamanho até 11×11 . Considera-se aceitável uma razão de consistência menor que 0,10. Para valores de RC maiores que 0,10 recomenda-se uma revisão na matriz de comparações, até que se obtenha $RC \leq 0,10$. Ishizaka e Lusti (2003) propõe um artifício interessante para a construção de matrizes de comparação consistentes.

Tabela 23: Valores de CA em função da ordem q da matriz

q	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CA	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Fonte: (SAATY, 1994)

A.3 Pesos de compensação de critérios

Tabela 24: Matriz de comparações para o conjunto de pesos de compensação $C1$

	Ic_1	Ic_2	Ic_3	V	W
Ic_1	1	9	9	4,327	0,818
Ic_2	1/9	1	1	0,481	0,091
Ic_3	1/9	1	1	0,481	0,091
Σ				5,288	1,000
l	1,222	11,000	11,000	$RC = 0,00$	

Tabela 25: Matriz de comparações para o conjunto de pesos de compensação $C2$

	Ic_1	Ic_2	Ic_3	V	W
Ic_1	1	1/9	1	0,481	0,091
Ic_2	9	1	9	4,327	0,818
Ic_3	1	1/9	1	0,481	0,091
Σ				5,288	1,000
l	11,000	1,222	11,000	$RC = 0,00$	

Tabela 26: Matriz de comparações para o conjunto de pesos de compensação $C3$

	Ic_1	Ic_2	Ic_3	V	W
Ic_1	1	1	1/9	0,481	0,091
Ic_2	1	1	1/9	0,481	0,091
Ic_3	9	9	1	4,327	0,818
Σ				5,288	1,000
l	11,000	11,000	1,222	$RC = 0,00$	

Glossário

<i>a</i>	Total de pontos de produtividade disponíveis para todas as auditorias.
<i>b_{j1}</i>	Prazo, em dias, que o auditor <i>j</i> tem para executar as suas auditorias.
<i>b_{j2}</i>	Quantidade mínima de pontos de produtividade que deverá ser atribuída ao auditor <i>j</i> .
<i>b_{jk}</i>	Quantidade limite do recurso <i>k</i> para o auditor <i>j</i> .
<i>c_{t1}</i>	Tempo estimado para execução de auditoria em um contribuinte de porte <i>t</i> .
<i>c_{t2}</i>	Quantidade de pontos de produtividade obtida por uma auditoria em um contribuinte de porte <i>t</i> .
<i>c_{t3}</i>	Percentual do máximo de pontos de produtividade para auditorias em contribuintes de porte <i>t</i> .
<i>c_{tk}</i>	Quantidade do recurso <i>k</i> utilizada em uma auditoria de um contribuinte de porte <i>t</i> .
<i>G</i>	Vetor ordenado com os resultados dos valores normalizados multiplicados pelos pesos de compensação, usado pelo operador <i>OWA</i> .
<i>g_s</i>	Componente <i>s</i> do vetor <i>G</i> , com $1 \leq s \leq q$.
<i>I</i>	Vetor com os valores normalizados dos critérios.
<i>i</i>	Índice para os contribuintes, $1 \leq i \leq n$.
<i>Ic_s</i>	Componente <i>s</i> do vetor <i>I</i> , com $1 \leq s \leq q$.
<i>j</i>	Índice para os auditores, $1 \leq j \leq m$.
<i>k</i>	Índice para os recursos, $1 \leq k \leq r$.
<i>m</i>	Número de auditores.

n	Número de contribuintes.
O	Vetor com os pesos de ordenação, usado pelo operador <i>OWA</i> .
o_s	Componente s do vetor O , com $1 \leq s \leq q$.
p	Número de portes dos contribuintes.
P_t	Conjunto dos contribuintes de porte t .
r	Número de recursos utilizados para execução das auditorias.
t	Índice para os portes dos contribuintes, $1 \leq t \leq p$, sendo $t = 1$, correspondendo ao menor porte e $t = p$ correspondendo ao maior porte.
v_i	Valor ou <i>score</i> do contribuinte i .
W	Vetor com os pesos de compensação de critérios.
w_s	Componente s do vetor W , com $1 \leq s \leq q$.
x_{ij}	Variável binária que indica se o contribuinte i está selecionado para a auditoria que será executada pelo auditor j .
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i> . (Processo Analítico Hierárquico).
AT	Administração Tributária ou Agência Tributária.
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento.
C1	Conjunto de pesos de compensação de critérios onde o critério de maior importância é o I_{c_1} .
C2	Conjunto de pesos de compensação de critérios onde o critério de maior importância é o I_{c_2} .
C3	Conjunto de pesos de compensação de critérios onde o critério de maior importância é o I_{c_3} .
CF	Constituição Federal.
CIAT	Centro Interamericano de Administrações Tributárias.
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas.
CTN	Código Tributário Nacional.

DIF	<i>Discriminant Index Function.</i>
DM	<i>Data Mining.</i>
DW	<i>Data Warehouse.</i>
E1	Estratégia Otimista de combinação de critérios. Corresponde ao operador máximo.
E2	Estratégia Pessimista de combinação de critérios. Corresponde ao operador mínimo.
E3	Estratégia Neutra de combinação de critérios. Corresponde ao valor médio.
FPE	Fundo de Participação dos Estados.
GAMS	<i>General Algebraic Modeling System.</i> Programa de computador utilizado para implementar modelos de programação matemática.
GRD	Classificação de contribuinte de porte Grande. Corresponde ao índice $t = 4$.
I	Classificação de contribuinte Infrator.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
ICMS	Imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação.
IRS	<i>Internal Revenue Service.</i>
IVA	Tipo de imposto onde se tributa o valor adicionado em cada uma das etapas da produção e circulação.
IVM	Imposto sobre Vendas Mercantis.
JR	Classificação de contribuinte de idade Júnior.
MED	Classificação de contribuinte de porte Médio. Corresponde ao índice $t = 3$.
MGR	Classificação de contribuinte de porte Muito Grande. Corresponde ao índice $t = 5$.
MIC	Classificação de contribuinte de porte Micro. Corresponde ao índice $t = 1$.

MS	Classificação de contribuinte de idade Máster.
NI	Classificação de contribuinte Não Infrator.
OWA	<i>Ordered Weighted Average - OWA</i> (Média Ponderada Ordenada).
PEQ	Classificação de contribuinte de porte Pequeno. Corresponde ao índice $t = 2$.
PI	Programação Inteira.
PIB	Produto Interno Bruto.
PL	Classificação de contribuinte de idade Pleno.
PNAFE	Programa Nacional de Apoio à Administração Fiscal para os Estados brasileiros.
PNAFM	Programa Nacional de Apoio à Gestão Administrativa e Fiscal para os Municípios brasileiros.
RICMS	Regulamento do imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre a prestação de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação.
SN	Classificação de contribuinte de idade Sênior.
STN	Sistema Tributário Nacional.

Referências

- ACQUAVIVA, M. C. *Dicionário Jurídico Brasileiro Acquaviva*. 11. ed. São Paulo: Jurídica Brasileira, 2000.
- AFONSO, J. R.; ARAUJO, E. A. Tributação das vendas: Evolução histórica (ou involução?). *Informe-se*, n. 7, Fevereiro 2000. BNDES. Disponível em: <www.bndes.gov.br>.
- ALM, J. Working Paper, *Tax Compliance and Administration*. 1998. Discussion Papers in Economics.
- ALM, J.; BLACKWELL, C.; MACKEE, M. Audit selection and firm compliance with a broad-based sales tax. *National Tax Journal*, LVII, n. 2, Junho 2004.
- ALM, J.; MCKEE, M. Tax compliance as a coordination game. *Journal of Economic Behavior and Organization*, v. 54, n. 3, p. 297–312, Julho 2004.
- ANDERSON, D. R.; SWEENEY, D. J.; WILLIAMS, T. A. *Estatística Aplicada à Administração e Economia*. São Paulo: Pioneira, 2002.
- ANDREONI, J.; ERARD, B.; FEINSTEIN, J. Tax compliance. *Journal of Economic Literature*, XXXVI, p. 818–860, Junho 1998.
- ARAUJO, E. A. O famoso IVA, esse desconhecido. *Informe-se*, n. 5, Janeiro 2000. BNDES. Disponível em: <www.bndes.gov.br>.
- ARAUJO, E. A. Tributação do consumo em federações: As soluções tradicionais. *Informe-se*, n. 8, Fevereiro 2000. BNDES. Disponível em: <www.bndes.gov.br>.
- ARAUJO, E. A. Tributação do consumo em federações: Soluções alternativas - o IVA dual. *Informe-se*, n. 9, Março 2000. BNDES. Disponível em: <www.bndes.gov.br>.
- ARIAS, R. J. Reglas de selección para la fiscalización de impuestos a las ventas. *Revista de Economía y Estadística*, XLII, n. 2, p. 29–62, 2004.
- BARRETO, A. S. *Previsão de comportamento e classificação de contribuintes tributários: Uma abordagem por modelos lineares generalizados hierárquicos*. Tese (Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- BEKMAN, O. R.; NETO, P. L. O. C. *Análise Estatística da Decisão*. São Paulo: Edgar Blucher Ltda., 1980–2002.
- BEZERRA, D. R. C.; DIAS, F. de M.; NETO, W. da F. Um ensaio teórico sobre o crescimento da arrecadação tributária federal no Brasil: aumento dos tributos ou da fiscalização? *Revista Eletrônica de Gestão Organizacional*, v. 3, n. 3, Setembro/Dezembro 2005. Disponível em: <www.gestaoorg.dca.ufpe.br>.

BRASIL. *Lei Federal No. 5.172 de 25 de outubro de 1966*. 1966. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil/_03/Leis/L5172.htm>.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. 1998. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil/_03/Constituicao/Constituicao.htm>.

BRAZ, E. R. C. *Um modelo para gerenciamento, avaliação e planejamento da arrecadação de tributos estaduais*. Tese (Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

CALIJURI, M. L.; MELO, A. L. de O.; LORENTZ, J. ferreira. Identificação de áreas para implantação de aterros sanitários com uso de análise estratégica de decisão. *Informática Pública*, v. 4, n. 2, p. 231–250, Dezembro 2002. Disponível em: <<http://www.ip.pbh.gov.br/revista0402/ip0402calijuri.pdf>>.

CARLSSON, C.; FULLER, R. *OWA operators for decision support*. 1997. Disponível em: <citeseer.ist.psu.edu/carlsson97owa.html>.

CHEN, L.; PU, P. *Survey of Preference Elicitation Methods*. Lausanne, Switzerland, Agosto 2004. 1-23 p. Disponível em: <citeseer.ist.psu.edu/698494.html>.

CORVALÃO, E. D. *Previsão da arrecadação do imposto sobre circulação de mercadorias e serviços em Santa Catarina: Aplicação da abordagem geral para específico em modelos dinâmicos*. Dissertação (Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

FAGUNDES, N. O programa de modernização e o planejamento estratégico: A experiência da administração tributária paulista. *VIII Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública*, Outubro 2003.

FERREIRA, A. S. S. *Tecnología de la información en la administración tributaria*. 1998. Disponível em: <www.ciat.org>.

FERREIRA, A. S. S. *Tecnología de la información aplicada a la administración tributaria*. 2000. Disponível em: <www.ciat.org>.

FERREIRA, A. S. S. *Governo eletrônico e as administrações tributárias estaduais brasileiras - quarto benchmark*. 2005. Disponível em: <www.receita.fazenda.gov.br>.

FIANI, R. *Teoria dos Jogos*. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

GAMS DEVELOPMENT CORPORATION. *GAMS IDE 2.0.31.8, Module GAMS Rev 143*. 2005.

GAMS DEVELOPMENT CORPORATION. *GAMS/Cplex 9.1.2*. [S.l.], 2005. Aug 1, 2005 WIN.CP.CP 22.0 029.032.041.VIS For Cplex 9.1.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. *Otimização Combinatória e Programação Linear*. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. *Tomada de Decisões em Cenários Complexos*. São Paulo: Thompson, 2004.

- HAIR, J. J. F. et al. *Análise Multivariada de Dados*. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- INMON, W. H. *Como Construir o Data Warehouse*. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999.
- ISHIZAKA, A.; LUSTI, M. Learning how to derive priorities from AHP matrices. *AIRO Conference*, 2003.
- JOVER, D. H.; AYALA, B. A. A. *Selección de contribuyentes a fiscalizar, a partir de la implementación de un sistema informatizado diseñado al efecto y una propuesta general de procedimiento. Caso cubano*. 2002. Segundo Prêmio XV Concurso de Monografias CIAT/AEAT/IEF.
- KIMBALL, R. *The Data Warehouse Toolkit*. New York: John Wiley and Sons, 1996.
- KUBRUSLY, L. S. Um procedimento para calcular índices a partir de uma base de dados multivariados. *Pesquisa Operacional*, v. 21, n. 1, p. 107–117, Junho 2001.
- LINHARES, C. D. A.; PONZONI, F. J. Análise multivariada de dados dendrométricos e radiométricos referentes a uma plantação de pinus. *ANAIS X SBSR*, Foz do Iguaçu, p. 1641–1647, Abril 2001.
- MACHO-STADLER, I.; PÉREZ-CASTRILLO, J. D. Auditing with signals. *Economica*, v. 69, p. 1–20, Fevereiro 2002.
- MARQUES, J. M.; MARQUES, M. A. M. As componentes principais no descarte de variáveis em um modelo de regressão múltipla. *Revista da FAE*, v. 8, n. 1, p. 93–101, 2005.
- MOITA, N. J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. *Química Nova*, v. 21, n. 4, 1998.
- MOREIRA, F. R.; CÂMARA, G.; FILHO, R. A. Técnicas de suporte à decisão para modelagem geográfica por álgebra de mapas. 2001. Disponível em: <www.inpe.gov.br>.
- MURRAY, M. N. Sales tax compliance and audit selection. *National Tax Journal*, v. 48, n. 4, p. 515–530, Dezembro 1995.
- NETO, T. R. *Uma metodologia para elaboração de planos de compras de carvão em empresas siderúrgicas brasileiras*. Dissertação (Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- NORONHA, S. M. D. *Heurística para decisões em grupo utilizando modelos multicritério de apoio à decisão - Uma abordagem construtivista*. Tese (Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- OLIVEIRA, F. E. M. de. *Modelo multicritério de apoio à tomada de decisão no parcelamento de débitos*. Dissertação (Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- PAMPLONA, E. O. Avaliação qualitativa de cost drivers pelo método AHP. 1999. Disponível em: <www.iem.efei.br/edson/>.

- PAMPLONA, E. O.; SALOMAN, V. P.; MONTEVECHI, J. A. B. Justificativas para a aplicação do método de análise hierárquica. *19 ENEGEP*, Rio de Janeiro, Brasil, 1999.
- PEREIRA, N. B.; MARTINS, O. L. F. M. Controle integral de sujeitos passivos no âmbito da fiscalização. *Revista de Administración Tributaria CIAT/AEAT/IEF*, n. 22, 2003. Primeiro Prêmio XV Concurso de Monografias CIAT/AEAT/IEF.
- PNAFE. *Programa Nacional de Apoio à Administração Fiscal para os Estados Brasileiros*. Disponível em: <www.fazenda.gov.br/ucp/pnafe>.
- PNAFM. *Programa Nacional de Apoio à Gestão Administrativa e Fiscal dos Municípios Brasileiros*. Disponível em: <www.fazenda.gov.br/ucp/pnafm>.
- RAMOS, R. A. R. *Localização industrial: Um modelo espacial para o noroeste de Portugal*. Tese (Engenharia civil) — Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2000.
- SAATY, T. L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *Interfaces*, v. 24, n. 6, p. 19–43, 1994.
- SAATY, T. L. Ranking by eigenvector versus other methods in the Analytic Hierarchy Process. *Appl. Math. Lett.*, v. 11, n. 4, p. 121–125, 1998.
- SAATY, T. L. Why the magic number seven plus or minus two. *Mathematical and Computer Modelling*, v. 38, p. 233–244, 2003.
- SEFAZ. *Resultado do tesouro estadual 2005 - Estado de Alagoas*. 2005. Disponível em: <www.sefaz.al.gov.br>.
- SERRA, P. *Evasión tributaria: Como abordala?* 2000.
- SILVA, L. M. da. Auditoria das receitas públicas: Análise crítica e contribuição. *Revista de Controle e Administração*, I, p. 7–28, Junho 2005.
- SILVA, M. V. G. da; KAICK, O. M. van. *Aplicações de álgebra linear em grafos*. 2002. Departamento de Informática - Universidade Federal do Paraná.
- SIQUEIRA, M. L.; RAMOS, F. S. A economia da sonegação teorias e evidências empíricas. *Revista Economia Contemporânea*, v. 9, n. 3, p. 555–581, Setembro/Dezembro 2005.
- SOARES, M. S. B.; CUNHA, M. R. S. da. A fiscalização sob o enfoque da administração tributária. *Seminário Internacional sobre fiscalização tributária*, Espírito Santo, Brasil, 1999. Disponível em: <<http://www.fazenda.gov.br/ucp/pnafe/cst/arquivos/Fisc-Trib-Bogea.doc>>.
- SOARES, S. R. Avaliação ambiental de sistemas. 2003. Disponível em: <www.ens.ufsc.br/soares>.
- TEAM, R. D. C. R. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2006. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>.

VALENTE, R. de O. A.; VETTORAZZI, C. A. Comparação entre métodos de avaliação multicritério em ambiente SIG para a conservação e a preservação florestal. *Scientia Forestalis*, n. 69, p. 51–61, Dezembro 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr69/cap04.pdf>>.

VERAMENDI, M. A. M. *El control integral extensivo e intensivo del cumplimiento de las obligaciones tributarias y los lineamientos para la selección de los contribuyentes en el ámbito de la fiscalización. La experiencia de la Administración Tributaria peruana.* 2002. Segundo Prêmio XV Concurso de Monografías CIAT/AEAT/IEF.

VISINTÍN, V. V.; BAULIES, C. C. Inteligencia fiscal a través de perfiles de riesgo integrados para la selección de contribuyentes. *Revista de Administración Tributaria CIAT/AEAT/IEF*, n. 22, 2003. Segundo Prêmio XV Concurso de Monografías CIAT/AEAT/IEF.

WITTEN, I. H.; FRANK, E. *Data Mining*. [S.l.: s.n.], 2000.

YAGER, R. R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, v. 18, n. 1, p. 183–190, 1988. ISSN 0018-9472.

ZHANG, J.; PU, P. *Survey of Solving Multi-Attribute Decision Problems*. Lausanne, Switzerland, Junho 2004. v. 3, n. IC/2004/54, 1-14 p.