

ANÁLISE E CONTROLE DO RISCO DA ARRECADAÇÃO FEDERAL ATRAVÉS DE MACROCARTEIRAS DE TRIBUTOS

**Fábio Daros de Freitas¹; Christóvão Thiago de Brito Neto²;
Patrick Marques Ciarelli³; Alberto Ferreira De Souza⁴**

^{1,2}Receita Federal do Brasil; ³Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica -
Departamento de Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Espírito Santo (UFES);

⁴Departamento de Informática - Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
[1freitas@computer.org](mailto:freitas@computer.org); [2ctdbnt@gmail.com](mailto:ctdbnt@gmail.com); [3simply_pmc@yahoo.com.br](mailto:simply_pmc@yahoo.com.br); [4alberto@lcad.inf.ufes.br](mailto:alberto@lcad.inf.ufes.br)

Resumo

Este trabalho emprega o modelo média-variância de Harry Markowitz na minimização do risco da arrecadação federal. Os efeitos das participações ótimas propostas para a arrecadação das receitas de um conjunto de agregados tributários foram avaliados e seus perfis de crescimento foram comparados com aquele obtido pelo governo federal neste mesmo conjunto de tributos, e também com o resultado nominal das Receitas Administradas pela Receita Federal do Brasil. Os resultados alcançados mostraram que, no contexto analisado, a estrutura tributária da arrecadação federal opera em um nível sub-ótimo de instabilidade-crescimento. Através da diversificação ótima das receitas dos agregados tributários foi possível obter, no perfil de risco conservador, um crescimento acumulado de arrecadação 28 pontos percentuais acima do crescimento acumulado realizado pelo governo federal nos mesmos agregados tributários e com apenas 25% da sua instabilidade—um risco quatro vezes menor. No perfil de risco moderado, foi alcançado um crescimento acumulado 33 pontos percentuais superior, para o mesmo nível de instabilidade. Na comparação com o resultado nominal das Receitas Administradas pela Receita Federal do Brasil, as macrocarteiras do perfil conservador alcançaram um crescimento acumulado 34 pontos percentuais superior e com apenas 25% da sua instabilidade; enquanto as macrocarteiras do perfil moderado alcançaram um crescimento 39 pontos percentuais superior e exibiram níveis equivalentes de instabilidade.

Palavras-chave: Otimização de Carteiras, Risco da Arrecadação, Planejamento de Políticas Fiscais. Economia e Finanças.

Abstract

This work employs Harry Markowitz's mean-variance model for minimizing Brazilian federal revenue risk. The effects of optimal participations proposed for the revenue of a set of tax sources aggregates were evaluated and its growth profiles were compared with that achieved by Brazilian federal government in this same set of tax aggregates, and also with the nominal result of the whole revenue collected by Receita Federal do Brasil. The achieved results showed that, in the context examined, the Brazilian federal tax structure operates in a suboptimal level of instability-growth. Through optimal diversification of tax aggregates revenues, it was possible to achieve, for the conservative risk profile, a cumulative revenue growth 28 percentage points higher than the realized cumulative revenue growth achieved by Brazilian federal government in the same tax aggregates and with only 25% of its instability—a four-times smaller risk. In moderate risk profile, a cumulative revenue growth 33 percentage points higher with the same level of instability was achieved. In comparison with the nominal result of the whole revenue collected by Receita Federal do Brasil, the conservative macro portfolios achieved a cumulative revenue growth 34 percentage points higher and with only 25% of its instability; while the moderate macro portfolios achieved a cumulative revenue growth 39 percentage points higher and exhibited equivalent levels of instability.

Keywords: Portfolio Optimization, Revenue Risk, Fiscal Policy Planning. Economics & Finance.

1. Introdução

Estados bem organizados valem-se da arrecadação de tributos como alternativa fundamental para o financiamento das despesas necessárias ao cumprimento de suas obrigações relativas a serviços públicos e investimentos, entre outras. Neste contexto, a previsão adequada das receitas públicas e a efetiva arrecadação dos tributos sob sua responsabilidade são metas fundamentais a serem perseguidas pelas administrações tributárias, e também atribuições determinadas pelo Art. 11 da Lei Complementar N^o 101, de 4 de maio de 2000—a Lei de Responsabilidade Fiscal.

A arrecadação das receitas tributárias é fortemente impulsionada pelo crescimento econômico, e a imprevisibilidade e as incertezas associadas ao crescimento destas receitas estimulam reações indesejadas dos governos, que tipicamente alternam entre padrões de aumento do gasto público e de aumento da carga tributária. Crescimentos rápidos da arrecadação podem causar situações não sustentáveis de aumento do gasto público ou de diminuição da carga tributária; enquanto que durante períodos de recessão, as restrições orçamentárias fortes (*hard budget constraints*) podem dificultar a implementação de políticas monetárias e fiscais. Estes tipos de respostas dos governos são conseqüências comuns de crescimentos voláteis e imprevisíveis das receitas públicas, os quais devem ser atacados através de políticas fiscais efetivas e bem planejadas. Um crescimento previsível e estável da arrecadação, com o menor grau de incerteza possível, ou menor grau de *instabilidade* ou *risco*, é uma meta fundamental a ser perseguida pelas administrações públicas. A diversificação das fontes de receita é uma forma de atingir um crescimento estável da arrecadação, e a literatura recente mostra que a efetividade desta diversificação depende mais dos co-movimentos (covariâncias) das séries históricas das receitas do que do número de tributos utilizados (THOMPSON; GATES, 2007).

A *Moderna Teoria de Carteiras* oferece um conjunto de métodos quantitativos através dos quais o investidor racional pode otimizar a diversificação dos seus investimentos. Sua origem se confunde com a proposição do modelo média-variância por Harry Markowitz em 1952 (MARKOWITZ, 1952). Fundamentalmente, o modelo média-variância reduz a variabilidade do retorno de um agregado financeiro—a carteira de investimentos—minimizando a sua variância através da escolha ótima dos pesos, ou *participações*, de cada componente no agregado. Esta variância da carteira é utilizada como medida do seu risco total, e a contribuição do risco individual de cada componente da carteira, que é dado pelas suas variâncias individuais, pode ser totalmente eliminada, fazendo com que o risco total seja dado apenas pelo efeito dos co-movimentos das séries de retornos dos componentes da carteira, medido pelas suas covariâncias (SHARPE; ALEXANDER; BAILEY, 1999; ELTON et al., 2007).

Gentry e Ladd (1994) empregaram um modelo de seleção de carteiras para avaliar como a natureza dos tributos e a economia dos estados afetam as escolhas de gestão disponíveis às autoridades estatais, examinando o caso dos estados de *North Carolina* e *Massachusetts* nos EUA. Segundo os autores, os economistas devotam muita atenção às características individuais dos tributos, e pouca atenção à questão mais ampla acerca da especificação do conjunto de tributos mais adequado a cada jurisdição governamental. O modelo de seleção de carteiras desenvolvido forneceu participações ótimas em conjuntos de tributos equivalentes para os dois estados, produzindo fronteiras eficientes de crescimento-instabilidade que consideraram as expectativas de crescimento e as instabilidades de cada tributo, e também um conjunto de restrições de progressividade e competitividade entre os estados. Seus resultados evidenciaram a grande diferença de progressividade da estrutura tributária dos dois estados e a dominância do

¹ Este trabalho apresenta somente dados e informações tributárias de domínio público. As opiniões emitidas neste trabalho são de exclusiva e de inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Secretaria da Receita Federal do Brasil.

imposto sobre a renda nas carteiras ótimas para uma grande faixa de crescimentos esperados das fronteiras eficientes. As diferenças encontradas nas fronteiras eficientes dos dois estados sugeriram recomendações de políticas tributárias específicas para cada um, contrariando a prescrição da Comissão Consultiva de Relações Intergovernamentais dos EUA (ACIR— *Advisory Commission on Intergovernmental Relations*) para a adoção de estruturas tributárias idênticas para os estados.

Ocampo (2002) estudou a macroeconomia dos ciclos de expansão e contração em economias emergentes, com foco no papel das políticas domésticas de países em desenvolvimento na administração de ciclos de expansão e contração externamente gerados. O autor destacou que a volatilidade macroeconômica tem altos custos econômicos e sociais, e que crises domésticas severas podem gerar perdas equivalentes a grandes proporções do Produto Interno Bruto (PIB) destes países. Portanto, as autoridades destes países precisam focar sua atenção na prevenção de crises através da gestão da expansão econômica, uma vez que crises são resultados inevitáveis de expansões econômicas mal geridas. Ocampo apontou ainda que as políticas fiscais constituem um dispositivo anticíclico bastante útil, e mecanismos de esterilização temporária das receitas do setor público, por exemplo, através de fundos de estabilização ou da adoção de alíquotas flexíveis para o controle da expansão dos gastos privados, podem ser um importante complemento a estas políticas, possibilitando maximizar a arrecadação nesse contexto.

Fox (2003) analisou a crise fiscal dos estados dos EUA no início dos anos 2000 e destacou que os três maiores tributos estaduais arrecadaram menos em 2002 do que em 2001. Como consequência, a relação entre a arrecadação estadual e a renda das pessoas físicas atingiu o menor valor em 15 anos, apresentando uma queda de 6,4% em relação a 2001. O autor apontou a estrutura tributária como uma das causas deste dilema fiscal, destacando a volatilidade das receitas estaduais como uma das suas três principais características impactantes.

Thompson e Gates (2007) apresentaram um artigo de revisão que propôs a utilização de um conjunto de ferramentas da moderna teoria de finanças no planejamento da gestão das receitas públicas. Segundo os autores, uma das principais metas das administrações públicas é propiciar um crescimento estável e previsível da arrecadação, com o menor grau de incerteza possível. Neste ponto, eles destacam que a diversificação das fontes de receita é uma forma de atingir esta meta e que a efetividade desta diversificação depende mais do comportamento conjunto dos desempenhos dos tributos, seus co-movimentos, do que simplesmente do número de tipos de tributos utilizados. Para tal, eles propõem, entre outras alternativas, o emprego de métodos de previsão de séries temporais na análise do crescimento da arrecadação, e do modelo média-variância na gestão da sua volatilidade. Apesar de ressaltar que a volatilidade não pode ser totalmente eliminada por conta da ausência de correlações negativas suficientes entre os tributos (as receitas dos estados dos EUA apresentavam coeficiente de correlação de 0,65 em média), os autores destacam que a parcela não sistemática da volatilidade pode ser completamente eliminada.

Neste trabalho, um conjunto de tributos de competência da União é tratado como um universo de *ativos de risco* com os quais se podem formar *carteiras de tributos* à luz da Moderna Teoria de Carteiras (SHARPE; ALEXANDER; BAILEY, 1999; ELTON et al., 2007). Para tanto, a relação entre a instabilidade e o crescimento das receitas individuais dos tributos é tratada tal como a relação entre o risco e o retorno de ativos. A partir desta abordagem, é possível desenvolver medidas da instabilidade e do crescimento da receita de agregados tributários da arrecadação federal de forma similar às medidas do risco e do retorno de carteiras de investimentos (GENTRY; LADD, 1994), e o modelo média-variância de Harry Markowitz (MARKOWITZ, 1952; MARKOWITZ, 1991) pode ser empregado para obter participações ótimas destes tributos na arrecadação federal, ou *carteiras eficientes de tributos*. Estas carteiras

eficientes são aquelas que produzem a menor instabilidade da arrecadação para um determinado crescimento esperado, ou um maior crescimento esperado para uma determinada instabilidade aceitável da arrecadação.

Os modelos propostos neste trabalho foram avaliados através de um conjunto de experimentos de simulação que comparou os perfis de crescimento das carteiras eficientes de tributos com o crescimento da arrecadação federal realizada entre 2006 e 2009. Os resultados alcançados mostraram que é possível mitigar parte considerável da instabilidade (risco) da arrecadação através da diversificação eficiente das participações das receitas tributárias no agregado da arrecadação federal. Através da diversificação ótima das receitas dos agregados tributários foi possível obter, no perfil de risco conservador, um crescimento acumulado de arrecadação 28 pontos percentuais acima do crescimento acumulado realizado pelo governo federal nos mesmos agregados tributários e com apenas 25% da sua instabilidade—um risco quatro vezes menor. No perfil de risco moderado, foi alcançado um crescimento acumulado 33 pontos percentuais superior, para o mesmo nível de instabilidade. Na comparação com o resultado nominal das Receitas Administradas pela Receita Federal do Brasil, as macrocarteiras do perfil conservador alcançaram um crescimento acumulado 34 pontos percentuais superior e com apenas 25% da sua instabilidade; enquanto as macrocarteiras do perfil moderado alcançaram um crescimento 39 pontos percentuais superior e exibiram níveis equivalentes de instabilidade.

Este trabalho está organizado como a seguir. Após esta introdução, a Seção 2 apresenta as noções fundamentais relacionadas aos modelos desenvolvidos, bem como a estratégia empregada para a aplicação do modelo média-variância na diversificação da arrecadação. Na Seção 3, são apresentados os dados, a metodologia e as métricas de avaliação utilizadas nos experimentos de simulação. Os resultados experimentais obtidos são apresentados na Seção 4, e uma breve discussão de alguns aspectos destes resultados é apresentada na Seção 5. Por fim, a Seção 6 apresenta as conclusões e perspectivas de investigações futuras deste trabalho.

2. Diversificação da arrecadação com a moderna teoria de carteiras

Esta seção apresenta a abordagem empregada neste trabalho para a aplicação do modelo média-variância de Harry Markowitz (MARKOWITZ, 1952; MARKOWITZ, 1991) na diversificação eficiente da arrecadação. Primeiro, as medidas fundamentais de risco e retorno esperado, que são aqui denominadas *instabilidade* e *crescimento esperado* (GENTRY; LADD, 1994), respectivamente, serão definidas. Em seguida, o modelo de otimização de carteiras empregado será formulado e algumas das suas principais propriedades serão comentadas.

2.1. Crescimento das Receitas Tributárias

A *taxa de crescimento* de um período, ou simplesmente *crescimento*, da receita de um determinado tributo é definida como uma medida relativa que quantifica a variação da receita arrecadada deste tributo no período, dado por:

$$g_t = \frac{R_t - R_{t-1}}{R_{t-1}}, \quad t \geq 1, \quad (1)$$

onde g_t é o crescimento de um período da receita proveniente da arrecadação do tributo no tempo t , e R_t e R_{t-1} são as suas receitas nos tempos t e t_{-1} , respectivamente.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Os $N + 1$ valores da receita arrecadada de um tributo e as suas respectivas N taxas de crescimento formam as séries históricas:

$$\mathbf{R}' = (R_0, R_1, \dots, R_N) \text{ e} \quad (2)$$

$$\mathbf{g}' = (g_1, g_2, \dots, g_N). \quad (3)$$

2.2. Modelo Média-Variância aplicado à Diversificação Eficiente da Arrecadação

A razão percentual da receita de um determinado tributo pela receita total arrecadada de um conjunto de tributos que o inclui pode ser tratada como a participação deste tributo em uma carteira de tributos. Nesta aplicação do modelo média-variância, uma carteira será equivalente a um conjunto de M tributos, cada qual com um respectivo peso, ou *participação*, associado, cujo somatório das suas receitas individuais reflita a arrecadação total deste conjunto de tributos. Cada participação $X_i, i = 1, \dots, M$, com $0 \leq X_i \leq 1$ e $\sum_i X_i = 1$, representa, portanto, a fração do valor da arrecadação total da carteira de tributos que é proveniente do tributo i . Desta forma, o crescimento realizado da arrecadação total da carteira de tributos no tempo t , g_{p_t} , é dado pela combinação linear das participações e dos crescimentos individuais das receitas dos seus tributos componentes, ou seja:

$$g_{p_t} = \sum_{i=1}^M X_i g_{it}, \quad (4)$$

onde M é o número de tributos da carteira, X_i é a participação do tributo i na arrecadação total e g_{it} é o crescimento realizado da receita do tributo i no tempo t .

O crescimento esperado da receita de um tributo é definido como:

$$\bar{g} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N g_t, \quad (5)$$

onde \bar{g} é o crescimento esperado da receita do tributo para o tempo $t = N + 1$, N é o tamanho da série histórica \mathbf{g}' e g_t é o crescimento da receita do tributo no tempo t .

O crescimento esperado para a arrecadação da carteira de tributos, \bar{g}_p , é então definido pela combinação linear das participações e dos crescimentos esperados das receitas dos seus tributos componentes como:

$$\bar{g}_p = \sum_{i=1}^M X_i \bar{g}_i, \quad (6)$$

onde M é o número de tributos na carteira, X_i é a participação do tributo i na carteira e \bar{g}_i é o crescimento esperado da receita do tributo i .

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

A instabilidade, ou risco, associada ao crescimento esperado da receita de um tributo é definida como a variância da sua série de crescimentos de receita como:

$$v_g = \sigma_g^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N (g_t - \bar{g})^2, \quad (7)$$

onde v_g é a instabilidade associada ao crescimento esperado da receita do tributo para o tempo $t = N+1$, N é o tamanho da série histórica \mathbf{g}' , g_t é o crescimento realizado da receita do tributo no tempo t e \bar{g} é o seu crescimento de receita esperado para o tempo $t = N+1$.

A instabilidade associada ao crescimento da receita de um tributo busca refletir a incerteza da realização do seu crescimento esperado, \bar{g} (ver Eq. 5). Nesse contexto, a ocorrência do crescimento esperado (valor médio) seria menos provável em séries com maior dispersão (maior instabilidade) do que em séries com menor dispersão (menor instabilidade).

A instabilidade da carteira de tributos é definida como a variância da combinação linear das participações dos tributos na carteira e das suas séries de crescimentos de receita, definida em termos da covariância entre cada par de tributos como:

$$v_{p_g} = \sigma_{p_g}^2 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M X_i X_j \gamma_{g_{ij}}, \quad (8)$$

onde v_{p_g} é a instabilidade total da carteira, que é igual à variância $\sigma_{p_g}^2$ da combinação linear das participações e das séries de crescimento dos tributos, M é o número de tributos na carteira, X_i e X_j são as participações individuais dos tributos i e j na carteira, respectivamente, e $\gamma_{g_{ij}}$ é a covariância dos crescimentos das receitas do par de tributos i e j , que é definida como:

$$\gamma_{g_{ij}} = \frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N (g_{i_t} - \bar{g}_i)(g_{j_t} - \bar{g}_j), \quad (9)$$

onde N é o tamanho das séries históricas, g_{i_t} e g_{j_t} são os crescimentos de receita realizados dos tributos i e j no tempo t , e \bar{g}_i e \bar{g}_j são crescimentos de receita esperados dos tributos i e j , respectivamente, para o tempo $t = N+1$.

Uma vez que $\sigma_{g_i}^2 = \gamma_{g_{ii}}$, a Eq. 8 pode, então, ser reescrita como:

$$\begin{aligned} v_{p_g} = \sigma_{p_g}^2 &= \sum_{i=1}^M X_i^2 \sigma_{g_i}^2 + \sum_{i=1}^M \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^M X_i X_j \gamma_{g_{ij}} \\ &= \sum_{i=1}^M X_i^2 v_{g_i} + \sum_{i=1}^M \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^M X_i X_j \gamma_{g_{ij}}, \end{aligned} \quad (10)$$

onde v_{p_g} é a instabilidade total da carteira de tributos, M é o número de tributos na carteira, X_i e X_j são as participações individuais dos tributos i e j na carteira, respectivamente,

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

$v_{g_i}(\sigma_{g_i}^2)$ é instabilidade individual (variância dos crescimentos) do tributo i e $\gamma_{g_{ij}}$ é a covariância das séries de crescimentos de receitas do par de tributos i e j .

Uma aplicação do modelo média-variância para a diversificação da arrecadação pode então ser definida através do seguinte problema de programação quadrática com restrições lineares:

$$\text{Minimize:} \quad v_{p_g} = \sum_{i=1}^M X_i^2 v_{g_i} + \sum_{i=1}^M \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^M X_i X_j \gamma_{g_{ij}}, \quad (11)$$

$$\text{Sujeito a:} \quad \sum_{i=1}^M X_i \bar{g}_i = g_d, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^M X_i = 1, \quad (13)$$

$$X_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, M, \quad (14)$$

$$l_i \leq X_i \leq u_i \quad i = 1, \dots, M. \quad (15)$$

Os X_i são as variáveis do modelo, sendo as demais grandezas os parâmetros que definem uma instância do respectivo problema de programação quadrática com restrições lineares; a Eq. 11 é a função objetivo a ser minimizada, qual seja a instabilidade da carteira de tributos, v_{p_g} ; a Eq. 12 é a restrição que garante o crescimento de arrecadação desejado, g_d ; a Eq. 13 é a restrição que garante a integralidade da carteira com a alocação total das participações dos tributos; e a Eq. 14 restringe o modelo para participações positivas apenas.

A Eq. 15 do modelo acima apresentado é uma restrição adicional ao modelo média-variância original de Harry Markowitz que foi proposta por Sharpe (1987). Esta restrição impõe limites inferiores (l_i) e superiores (u_i) para as participações X_i na carteira, de forma a possibilitar a elaboração de cenários. Nesse contexto, a incorporação desta restrição adicional ao modelo média-variância nesta aplicação torna o modelo mais adequado ao problema da diversificação da arrecadação.

2.2.1. Fronteira Eficiente Instabilidade-Crescimento

A *fronteira eficiente instabilidade-crescimento* (GENTRY; LADD, 1994) pode ser obtida por meio da resolução do problema de minimização definido pelas Eqs. 11 a 15 para vários valores de crescimento de arrecadação desejado, g_d .

Em termos de composição de carteiras de tributos, a diversificação da instabilidade da arrecadação é conseguida a partir da seleção de pares de tributos com coeficientes de correlação negativos ou nulos. Ou seja, selecionando-se tributos (isto é, atribuindo participações maiores a tributos) que apresentem movimentos de crescimento de receita em sentidos opostos ao longo do tempo, exibindo assim um efeito de compensação de quedas e de suavização de crescimentos acentuados das receitas.

2.2.2. Macrocarteiras de Tributos

É possível empregar uma abordagem de macro-ativos para a diversificação da arrecadação através da utilização de agregados tributários, formando as *macrocarteiras de tributos*. Esta abordagem tem as mesmas características das macrocarteiras de investimentos, onde se destaca a maior eficiência da alocação dos ativos (BRITO NETO, 1989).

3. Métodos

Neste trabalho, a composição da arrecadação de um conjunto de tributos de competência da União foi analisada, e as carteiras de tributos praticadas pelo governo federal foram comparadas com carteiras ótimas formadas a partir deste mesmo conjunto de tributos e obtidas através do modelo média-variância. Os efeitos das composições ótimas propostas pelo modelo de otimização da Seção 2.2 foram avaliados por meio de um conjunto de experimentos de simulação, e seus perfis de crescimento foram comparados com aqueles obtidos com a carteira de tributos do governo federal. Este seção descreve os principais métodos utilizados neste trabalho.

3.1. Receitas Tributárias Utilizadas e Abordagem por Macrocarteiras

O Código Tributário Nacional (CTN), instituído pela Lei N^o 5.172, de 25 de outubro de 1966, nos oferece um conjunto de definições tributárias relevantes para a consecução deste trabalho. Nos termos do Art. 3^o do CTN, “tributo é toda prestação pecuniária compulsória, em moeda ou cujo valor nela se possa exprimir, que não constitua sanção de ato ilícito, instituída em lei e cobrada mediante atividade administrativa plenamente vinculada.” Os tributos estão divididos em (i) impostos, (ii) taxas, (iii) contribuições de melhoria e (iv) contribuições especiais; estas últimas determinadas pela Constituição Federal de 1988 (CF/88) nos Arts. 149 e 195 (BRASIL, 2007).

As análises deste trabalho foram baseadas no demonstrativo “Análise da Arrecadação das Receitas Federais”, produzido pela Coordenação-Geral de Estudos, Previsão e Análise (COGET) da Secretaria da Receita Federal do Brasil (RFB) e integrante da divulgação dos resultados da arrecadação federal (RFB, 2009). Foi escolhido um subconjunto das receitas integrantes do grupo das Receitas Administradas pela RFB que fosse adequado à utilização como instrumento de planejamento e cujas séries históricas estivessem disponíveis no banco de dados Macroeconômico/Índices Analíticos/Receitas Públicas, divulgado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada—Ipea (IPEA, 2009), contendo observações suficientes para as análises deste trabalho. A Tabela 1 mostra o conjunto de tributos utilizados neste trabalho, apresentando as siglas e denominações de cada um dos oito tributos utilizados, juntamente com uma breve descrição do seu fato gerador (BRASIL, 2007; PAULSEN, 2009).

Várias mudanças estruturais ocorreram na arrecadação federal Brasileira durante a década de 1990. Tais mudanças somente se estabilizaram em 1996, dois anos após o advento do *Plano Real* em 1994. Como consequência, o número de observações anuais das receitas dos tributos no período de interesse deste trabalho—os 14 anos entre 1996 e 2009—foi insuficiente para o cálculo das médias e variâncias utilizadas no modelo de otimização da Seção 2.2, demandando, desta forma, a utilização de séries mensais de receitas com forma de contornar a ausência de observações anuais no período.

Contudo, alguns tributos têm suas receitas concentradas em determinados meses do ano devido à sua forma de arrecadação determinada na legislação (e.g. IR e ITR), e, desta forma, as suas séries mensais de receitas exibem um comportamento intermitente que distorce fortemente o cálculo das suas médias e variâncias. Para resolver este dilema, optou-se por agregar os tributos da Tabela 1 e utilizar estes agregados tributários resultantes como instrumentos de planejamento, adotando assim uma abordagem de macrocarteiras de tributos.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Tabela 1: Tributos integrantes das Receitas Administradas pela RFB utilizados nas simulações.

Sigla	Tributo	Fato gerador
II	Imposto sobre a Importação.	Entrada no território nacional, para incorporação à economia interna, de bem destinado ou não ao comércio, produzido fora do território nacional pela natureza ou pela ação humana.
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados.	Submissão do produto a qualquer operação que lhe modifique a natureza ou a finalidade, ou o aperfeiçoe para o consumo; bens de procedência estrangeira, ou abandonados ou apreendidos e levados a leilão.
IR	Imposto sobre a Renda e Proventos.	Renda (acréscimo patrimonial produto do capital, do trabalho ou da combinação de ambos) e proventos (acréscimo patrimonial não compreendido no conceito de renda) recebidos.
IOF	Imposto sobre Operações de Crédito, Câmbio e Seguro, e sobre Operações relativas a Títulos e Valores Mobiliários.	Para as operações de crédito, a disponibilização econômica ou jurídica do montante total ou parcial ao interessado; para as operações de câmbio, a disponibilização econômica ou jurídica do montante total ou parcial de moeda nacional ou estrangeira ao interessado; para as operações de seguro, a emissão da apólice ou recebimento do prêmio; para as operações relativas aos valores mobiliários, a emissão, transmissão, pagamento ou resgate dos mesmos.
ITR	Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural.	Propriedade, domínio útil ou posse de imóvel por natureza localizado fora da zona urbana dos municípios.
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social.	Para as contribuições, incidente sobre a folha de salários, a receita ou faturamento, o lucro, a receita de concursos de prognósticos e sobre o valor das importações de bens ou serviços.
PISPASEP	Contribuição para o Programa de Integração Social/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público.	
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido.	

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Tabela 2: Conjunto de agregados do Código Tributário Nacional utilizado nas simulações.

Sigla	Agregado Tributário	Composição
TPRODCIRC	Produção e Circulação.	IPi + IOF
TCOMEX	Comércio Exterior.	II
TCONTRIB	Contribuições.	COFINS + CSLL + PISPASEP
TPROPRENDA	Propriedade e Renda.	ITR + IR
TRECADM	Agregado CTN Total.	TPRODCIRC + TCOMEX + TCONTRIB + TPROPRENDA

A forma de agregação escolhida é apresentada na Tabela 2 e reflete, fundamentalmente, a organização descrita nos Capítulos II a IV do CTN, adicionadas as contribuições especiais instituídas no Art. 149 da CF/88. Portanto, os instrumentos de planejamento utilizados nas análises deste estudo são os agregados tributários TPRODCIRC (Produção e Circulação), TCOMEX (Comércio Exterior), TCONTRIB (Contribuições) e TPROPRENDA (Propriedade e Renda), cujas composições são detalhadas na Tabela 2 em função dos tributos descritos na Tabela 1. No escopo deste trabalho, estes agregados tributários são denominados *Agregados CTN*, e, nesse contexto, a macrocarteira de tributos praticada pelo governo federal é representada pelo agregado TRECADM (Agregado CTN Total), que reflete a soma de todos Agregados CTN conforme mostrado na Tabela 2.

3.2 Estratégia de Simulação

As carteiras de tributos foram simuladas durante os 41 meses entre janeiro de 2006 e maio de 2009. Nesta tarefa, as fronteiras eficientes das carteiras de tributos foram calculadas no mês de dezembro de cada ano, a partir das séries de 120 observações mensais disponíveis nestes momentos, e as carteiras eficientes de tributos vigentes para o próximo ano foram selecionadas de acordo com o perfil de risco desejado. Durante cada ano subsequente, as taxas de crescimento mensais das carteiras foram contabilizadas utilizando as receitas mensais conhecidas de cada tributo da Tabela 1 e seus respectivos pesos nas carteiras, e, ao término de cada ano, as carteiras vigentes para o ano seguinte foram obtidas da mesma forma.

De forma similar aos estudos clássicos de aplicação do modelo média-variância (FISCHER; JORDAN, 1995; SHARPE; ALEXANDER; BAILEY, 1999; ELTON et al., 2007), o modelo desenvolvido neste trabalho contou com as seguintes premissas básicas: todas as participações selecionadas são factíveis; todas as informações necessárias para o cômputo das fronteiras eficientes estão imediatamente disponíveis quando da sua necessidade; e todos os tributos apresentam elasticidade-preço suficiente para sustentar as participações ótimas selecionadas para as suas receitas.

3.3 Dados

O conjunto fundamental de dados utilizado neste trabalho foi formado pelas séries históricas das receitas dos oito tributos da Tabela 1, com 161 observações mensais cada uma, entre janeiro de 1996 e maio de 2009. Estas séries históricas das receitas dos tributos foram utilizadas para calcular as séries históricas das receitas dos cinco agregados CTN da Tabela 2, conforme suas composições descritas na tabela, com o mesmo número de observações e para os mesmos períodos de tempo.

A estratégia de simulação da Seção 3.2 foi empregada para formar as macrocarteiras de tributos e simular os seus desempenhos durante os 41 meses entre janeiro de 2006 e maio de 2009. As macrocarteiras para o ano de 2006 foram formadas em dezembro de 2005 a partir de séries históricas com 120 observações entre janeiro de 1996 e dezembro de 2005. Ao término do ano de 2006, as macrocarteiras foram rebalanceadas para o ano de 2007, sendo formadas em dezembro de 2006 a partir de séries históricas com 120 observações entre janeiro de 1997 e

dezembro de 2006. Todas as outras macrocarteiras para os demais anos foram obtidas da mesma forma, sendo rebalanceadas sempre a partir das fronteiras eficientes calculadas com séries históricas contendo 120 observações mensais e com a última observação referente a dezembro do ano anterior ao ano da sua vigência. As macrocarteiras obtidas foram acompanhadas durante os 41 meses do período de simulação, entre janeiro de 2006 e maio de 2009, e seus crescimentos mensais foram calculados conforme a Eq. 4.

3.4 Métricas

O desempenho total realizado da arrecadação federal e das macrocarteiras de tributos foi avaliado com as medidas de *crescimento* e *instabilidade* da arrecadação, definidas para o crescimento da arrecadação total das receitas, g_{A_t} , de forma análoga às Eqs. 1, 5 e 7 das Seções 2.1 e 2.2, respectivamente, com $t=1, \dots, n$, sendo $n=41$. Além destas duas medidas de desempenho, também foi utilizada a *taxa de crescimento acumulado*, definida como:

$$c_A = \prod_{t=1}^n (1 + g_{A_t}), \quad (16)$$

onde c_A é o crescimento acumulado da arrecadação no período de interesse, n é o número de observações no período e g_{A_t} são os crescimentos da arrecadação em cada tempo. A taxa de crescimento acumulado relaciona o valor da arrecadação (nível de preços) no tempo t , A_t , com o seu valor no tempo $t=1$, A_1 , como:

$$A_t = A_1 c_{A_t}. \quad (17)$$

Todas as análises da taxa de crescimento acumulado da arrecadação deste trabalho utilizaram uma arrecadação inicial $A_1 = \$1$ (uma unidade monetária), e o crescimento acumulado alcançado, portanto, representa o fator multiplicativo da arrecadação inicial obtido com a estratégia utilizada.

3.5 Implementação dos modelos

A implementação computacional do modelo de otimização da Seção 2.2 foi realizada com o ambiente *Portfolio Workbench* (PWB), que é uma ferramenta computacional de suporte à pesquisa, desenvolvimento e avaliação de modelos de seleção de carteiras (FREITAS, 2010). A otimização das carteiras e as diversas simulações de crescimento das receitas tributárias analisadas neste estudo foram inteiramente conduzidas neste ambiente. O PWB é um conjunto de aplicativos desenvolvido em linguagem C para o sistema operacional Linux, e pode ser configurado e estendido para suportar diversos otimizadores (*solvers*). A resolução dos modelos deste trabalho utilizou o *barrier solver* para problemas quadráticos (QCP) do otimizador LindoAPI, operando com problemas definidos através do formato de arquivo MPS estendido (LINDO, 2008).

4 Experimentos

Esta seção apresenta os resultados experimentais obtidos com o modelo apresentado na Seção 2 e os métodos da Seção 3.

4.1 Cenários de Risco Avaliados

As simulações e avaliações foram realizadas para três cenários de risco (i.e. instabilidade do crescimento) da arrecadação: (a) conservador; (b) moderado; e (c) agressivo. Nas fronteiras eficientes obtidas, estes cenários corresponderam aos crescimentos mensais de

arrecadação esperados de 1,5%, 2,5% e 3,5%, respectivamente. A estratégia de simulação da Seção 3.2 foi implementada através da seleção de carteiras com estes respectivos crescimentos mensais esperados para cada ano do período de simulação.

Adicionalmente, as participações do agregado TCOMEX (Comércio Exterior) da Tabela 2 foram restritas aos seus limites históricos observados no período, de 3,03% a 3,73%, através da atribuição destes valores aos limites inferior ($l_{i=TCOMEX}$) e superior ($u_{i=TCOMEX}$) da Eq. 15, respectivamente. Esta delimitação teve o objetivo de avaliar apenas cenários que preservassem as políticas de comércio exterior vigentes. Os demais agregados CTN da Tabela 2 não contaram com restrições adicionais de participação.

4.2 Fronteiras Eficientes Obtidas

As fronteiras eficientes de instabilidade-crescimento computadas foram formadas com dez macrocarteiras cada uma. As fronteiras foram obtidas por meio da parametrização do crescimento de arrecadação desejado, g_d (ver Eq. 12), em dez valores distintos localizados na região de factibilidade dos modelos.

Os limiares do intervalo de factibilidade dos crescimentos das fronteiras eficientes (o crescimento mínimo e o crescimento máximo das fronteiras), que são necessários para a parametrização do modelo de seleção de carteiras da Seção 2.2 para g_d (ver Eqs. 11 a 15), foram obtidos através da resolução de dois casos particulares dos modelos, conforme indicado por Elton et al. (2007). O crescimento mínimo do intervalo foi o crescimento da carteira de mínimo risco com g_d irrestrito (problema primal, minimizando a Eq. 11 sem a restrição da Eq. 12); e o crescimento máximo foi o crescimento da carteira de máximo crescimento (problema dual, maximizando a Eq. 12—no contexto da Eq. 6—sem a restrição de risco da Eq. 11).

As quatro fronteiras eficientes obtidas—uma para cada ano do período de simulação entre 2006 e 2009—são mostradas na Figura 1. Conforme a figura mostra, as fronteiras eficientes apresentaram crescimentos mensais esperados no intervalo de 1,5% a 4,5%, com uma instabilidade (variância do crescimento) associada no intervalo de 0,0045 a 0,065, aproximadamente.

O Apêndice I mostra os gráficos da evolução das participações ótimas dos agregados CTN obtidas para os níveis de crescimento esperado de cada fronteira eficiente da Figura 1.

4.3 Desempenho das Macrocarteiras de Tributos

Para cada ano do período de simulação, entre 2006 e 2009, os critérios de seleção da Seção 4.1 foram aplicados às fronteiras eficientes da Seção 4.2 e as macrocarteiras de tributos CONSERVADOR, MODERADO e AGRESSIVO foram selecionadas, respectivamente, para os níveis de crescimento de arrecadação mensal desejado, g_d (Eq. 12), de 1,5%, 2,5% e 3,5%. As macrocarteiras de tributos do Agregado CTN Total (CTRECADM) foram formadas anualmente entre 2006 e 2009 pelas participações da receita de cada agregado CTN na receita total do Agregado CTN Total (TRECADM—ver Tabela 2), e refletiram a composição *ex-post* da arrecadação realizada pelo governo federal no agregado TRECADM em cada ano do período de simulação. Os crescimentos mensais e instabilidades de todas estas macrocarteiras foram calculados entre janeiro de 2006 e maio de 2009 e avaliados no conjunto dos resultados experimentais deste trabalho.

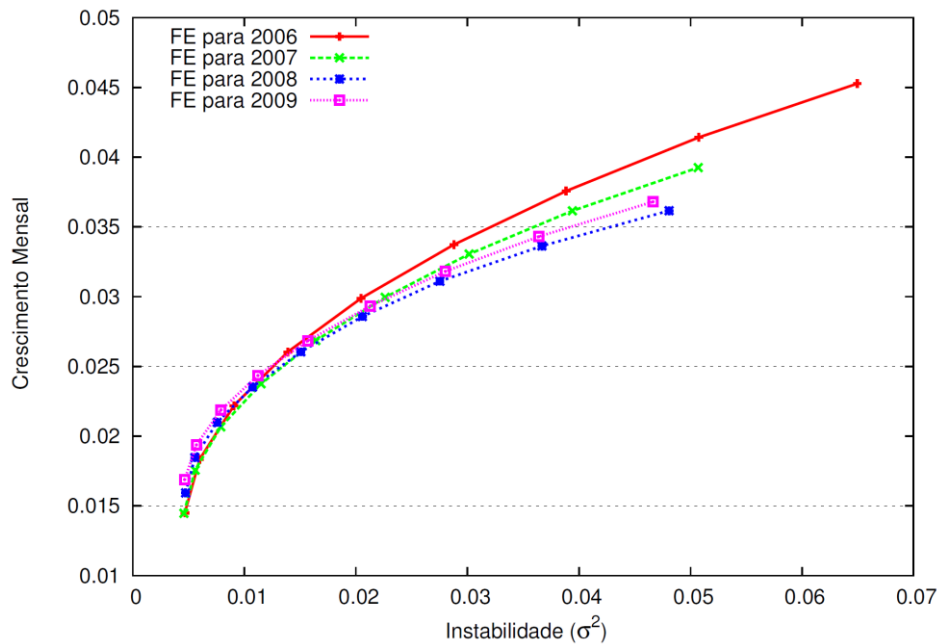


Figura 1: Fronteiras eficientes de instabilidade-crescimento obtidas para as macrocarteiras de tributos.

A alocação das participações dos agregados CTN nas macrocarteiras de tributos CONSERVADOR, MODERADO e AGRESSIVO foi examinada juntamente com os crescimentos médios mensais, instabilidades e crescimentos acumulados das macrocarteiras, conforme definido na Seção 3.4. As mesmas métricas de avaliação também foram empregadas para o período total de 2006 a 2009, incluindo a avaliação comparativa com o total da arrecadação federal realizada no período—as *Receitas Administradas pela RFB* (RECADM), cuja série histórica também foi obtida no sítio eletrônico do Ipea (IPEA, 2009).

Os resultados alcançados são mostrados na Tabela 3, que está organizada em cinco partes, conforme a seguir. Nas quatro primeiras partes da tabela, as linhas apresentam os resultados das quatro macrocarteiras agrupados para cada ano do período de simulação (2006 a 2009). Para cada macrocarteira, as participações de cada agregado CTN são mostradas nas colunas TPRODCIRC, TCOMEX, TCONTRIB e TPROPRENDA. O desempenho do crescimento das macrocarteiras é mostrado nas colunas Crescimento Médio, Instabilidade e Crescimento Acumulado. A última parte da Tabela 3 mostra o desempenho do crescimento das macrocarteiras e da arrecadação federal, este último dado pelo conjunto das *Receitas Administradas pela RFB* (RECADM), para o período total de 2006 a 2009. Nesta parte da tabela, as linhas apresentam os resultados do crescimento do agregado RECADM e das macrocarteiras CTRECADM, CONSERVADOR, MODERADO e AGRESSIVO.

Conforme mostrado na primeira parte da Tabela 3, a composição da estrutura tributária federal (receitas realizadas da macrocarteira CTRECADM) apresentou pouca variação entre os anos de 2006 e 2009, distribuindo-se basicamente entre os agregados TCONTRIB (42,22% a 45,23%) e TPROPRENDA (40,96% a 42,26%).

A macrocarteira CONSERVADOR também ficou praticamente estável entre os anos de 2006 e 2009, concentrando-se fortemente no agregado TPRODCIRC (59,41% a 64,22%) e no agregado TCONTRIB (31,37% a 35,82%). A macrocarteira MODERADO, por sua vez, apresentou uma estrutura menos concentrada e um comportamento mais ativo, alternando participações entre os agregados TPRODCIRC (14,86% a 34,45%), TCONTRIB (30,81% a 45,77%) e TPROPRENDA (30,23% a 35,64%). A macrocarteira AGRESSIVO salientou o comportamento ativo na busca de crescimento adicional, contudo, concentrou-se apenas nos

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

agregados TCONTRIB (10,50% a 30,43%) e PROPRENDA (73,21% a 86,47%). Vale lembrar que o agregado TCOMEX foi restrito à sua participação histórica de 3,03% a 3,73%, conforme descrito anteriormente na Seção 4.1.

Tabela 3: Composição e desempenho das macrocarteiras de tributos e da arrecadação das Receitas Administradas pela RFB.

Macrocarteira	TPRODCIRC	TCOMEX	TCONTRIB	TPROPRENDA	Crescimento Médio	Instabilidade	Crescimento Acumulado
Ano base 2005 para vigência em 2006							
CTRECADM	10,79%	3,03%	45,23%	40,96%	1,28%	0,022	3,77%
CONSERVADOR	64,22%	3,73%	31,37%	0,67%	0,83%	0,005	5,00%
MODERADO	34,45%	3,73%	30,81%	31,01%	1,93%	0,016	4,52%
AGRESSIVO	14,60%	3,73%	30,43%	51,24%	2,67%	0,032	4,20%
Ano base 2006 para vigência em 2007							
CTRECADM	10,78%	3,11%	44,28%	41,83%	2,54%	0,016	24,52%
CONSERVADOR	61,67%	3,73%	33,03%	1,57%	2,83%	0,005	33,00%
MODERADO	30,38%	3,73%	35,45%	30,43%	2,98%	0,011	27,91%
AGRESSIVO	0,00%	3,73%	23,06%	73,21%	3,25%	0,028	21,23%
Ano base 2007 para vigência em 2008							
CTRECADM	11,01%	3,25%	43,48%	42,26%	0,71%	0,020	-3,09%
CONSERVADOR	63,02%	3,73%	33,25%	0,00%	0,68%	0,002	4,20%
MODERADO	14,86%	3,73%	45,77%	35,64%	1,13%	0,017	-2,03%
AGRESSIVO	0,00%	3,03%	10,50%	86,47%	1,87%	0,045	-6,06%
Ano base 2008 para vigência em 2009*							
CTRECADM	12,94%	3,71%	42,22%	41,13%	-2,57%	0,051	-21,79%
CONSERVADOR	59,41%	3,73%	35,82%	1,04%	-3,75%	0,011	-20,61%
MODERADO	28,47%	3,73%	37,57%	30,23%	-2,60%	0,032	-21,23%
AGRESSIVO	0,00%	3,73%	22,66%	73,61%	-1,82%	0,083	-25,69%
Período de 2006 a 2009*							
RECADM					0,77%	0,019	-7,56%
CTRECADM					1,01%	0,021	-2,06%
CONSERVADOR					0,81%	0,005	26,51%
MODERADO					1,45%	0,016	31,46%
AGRESSIVO					2,06%	0,038	7,16%

(*) Até maio de 2009

Em todos os anos do período de simulação, a macrocarteira CONSERVADOR apresentou um crescimento acumulado maior que aquele da macrocarteira CTRECADM praticada pelo governo federal, exibindo uma instabilidade (risco) três a oito vezes menor (ver as colunas Crescimento Acumulado e Instabilidade nas quatro primeiras partes da Tabela 3). A macrocarteira CONSERVADOR superou o crescimento acumulado da macrocarteira CTRECADM em 8,48 pontos percentuais no ano de 2007—ano de forte crescimento da economia mundial—e em 7,29 pontos percentuais no ano de 2008—ano que a CTRECADM fechou em queda de 3,09%. Durante os primeiros cinco meses de 2009, período de quedas acentuadas e repetidas da arrecadação federal devido aos efeitos do agravamento da crise internacional deflagrada em outubro de 2008, o crescimento acumulado da macrocarteira CONSERVADOR superou o da macrocarteira CTRECADM em 1,18 pontos percentuais.

A macrocarteira MODERADO apresentou níveis de risco próximos aos da macrocarteira CTRECADM para a maioria dos anos, com crescimento acumulado superior em 0,75 ponto percentual para 2006, em 3,39 pontos percentuais para 2007, em 1,06 pontos

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

percentuais para 2008, e fechando os cinco primeiros meses de 2009 com 0,56 ponto percentual acima.

A macrocarteira AGRESSIVO apresentou níveis de risco maiores que os da macrocarteira CTRECADM e crescimento acumulado inferior, exceto em 2006 quando seu crescimento foi 0,43 ponto percentual acima. Isso ocorreu por conta das suas escolhas por participações maiores em agregados com maior crescimento esperado e, conseqüentemente, com maior instabilidade associada (maior risco).

Os resultados para o período total de 2006 a 2009 (última parte da Tabela 3) mostraram que as macrocarteiras CONSERVADOR alcançaram um crescimento acumulado 28,57 pontos percentuais acima das macrocarteiras CTRECADM praticadas pelo governo federal, e 34,07 pontos percentuais acima das Receitas Administradas pela RFB (RECADM); com apenas um quarto da instabilidade exibida pela CTRECADM e pela RECADM.

As macrocarteiras MODERADO alcançaram um crescimento acumulado total ainda maior, atingindo 33,52 pontos percentuais acima das macrocarteiras CTRECADM e 39,02 pontos percentuais acima das Receitas Administradas pela RFB (RECADM), exibindo uma instabilidade ligeiramente inferior às instabilidades da CTRECADM e da RECADM.

As macrocarteiras AGRESSIVO alcançaram um crescimento acumulado total 9,22 pontos percentuais acima das macrocarteiras CTRECADM e 14,72 pontos percentuais acima das Receitas Administradas pela RFB (RECADM), com instabilidade superior às instabilidades da CTRECADM e da RECADM.

Vale notar que, mesmo apresentando um crescimento médio inferior, as macrocarteiras CONSERVADOR alcançaram um crescimento acumulado total bastante superior ao das macrocarteiras CTRECADM praticadas pelo governo entre 2006 e 2009. Isso pode ser explicado pela instabilidade quatro vezes menor exibida pelas macrocarteiras CONSERVADOR no período, e demonstra claramente o efeito prejudicial que a instabilidade da arrecadação exerce no seu crescimento no médio e no longo prazo.

A Figura 2 mostra a evolução mensal do crescimento acumulado das Receitas Administradas pela RFB (RECADM), da macrocarteira de tributos do Agregado CTN Total (CTRECADM) e das macrocarteiras CONSERVADOR, MODERADO e AGRESSIVO, entre janeiro de 2006 e maio de 2009. Conforme mostrado na figura, a macrocarteira CONSERVADOR apresentou um crescimento mais estável que as demais macrocarteiras e que as Receitas Administradas pela RFB (RECADM), exibindo os efeitos da diversificação eficiente na mitigação da instabilidade (volatilidade) da arrecadação. A macrocarteira MODERADO perseguiu o crescimento da macrocarteira CONSERVADOR, contudo, exibindo uma maior instabilidade. O seu crescimento foi mais intenso no final de 2008 e em 2009, o que a fez superar a macrocarteira CONSERVADOR no final do período. A macrocarteira AGRESSIVO, por sua vez, apresentou uma oscilação maior que aquela da RECADM e da macrocarteira CTRECADM, porém exibindo um crescimento superior na maioria dos meses.

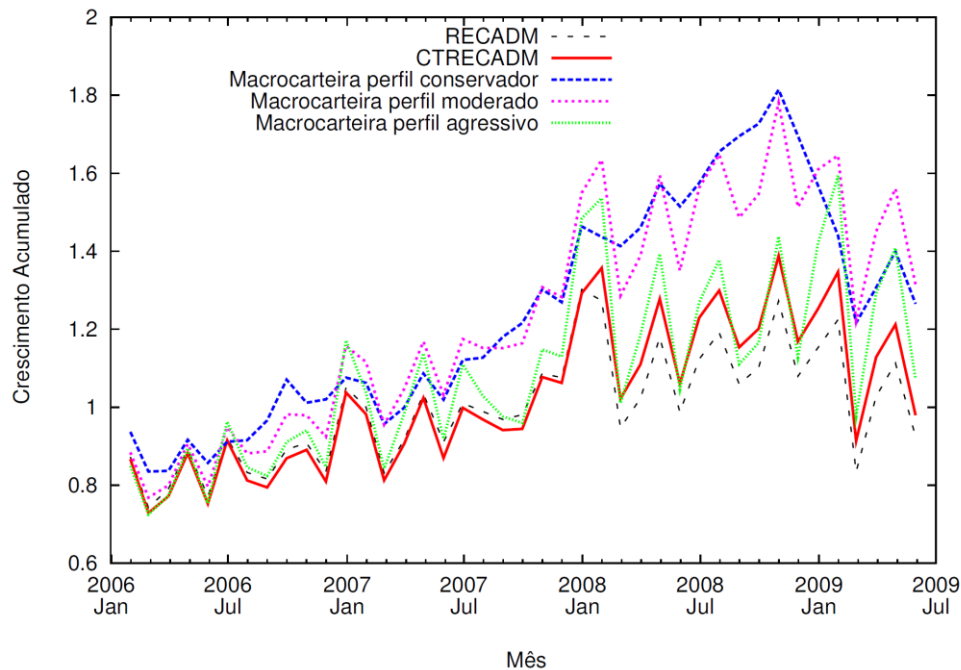


Figura 2: Crescimento acumulado das macrocarteiras de tributos e da arrecadação das Receitas Administradas pela RFB.

Vale notar, ainda, que os desempenhos de todas as macrocarteiras eficientes superaram o desempenho dos agregados da arrecadação federal em praticamente todos os meses, e que o perfil de volatilidade da arrecadação federal se aproximou daquele da macrocarteira AGRESSIVO—um perfil de crescimento de arrecadação instável e volátil.

5 Discussão

Este estudo aborda a aplicação de ferramentas da Moderna Teoria de Carteiras na análise da estrutura tributária da arrecadação através do emprego do modelo média-variância na diversificação ótima de fontes de receitas tributárias, conforme proposto por Gentry e Ladd (1994) e Thompson e Gates (2007).

Os resultados experimentais obtidos para a estrutura tributária da arrecadação federal no ano de 2009 (ver Seção 4) sugeriram um forte aumento da carga tributária em Produção e Circulação (TPRODCIRC), um forte corte da carga tributária em Propriedade e Renda (TPROPRENDA) e também um corte moderado em Contribuições (TCONTRIB). Tais mudanças na estrutura tributária federal podem ser ineficazes na prática, e não consistem, necessariamente, em propostas de políticas fiscais para a arrecadação federal. Contudo, vale notar o drástico efeito destas propostas no controle da instabilidade da arrecadação, conforme mostrado na Tabela 3 e ilustrado na Figura 2.

O modelo de otimização de carteiras da Seção 2 pode ser refinado de diversas maneiras para melhor se adequar a cenários mais realistas da estrutura tributária federal. Por exemplo, a estimação do *tax gap* das fontes de receitas, que pode permitir a utilização de limites mais adequados para as participações dos tributos no modelo (ver Eq. 15), e a inclusão de restrições de progressividade, conforme proposto por Gentry e Ladd (1994), são duas promissoras propostas nesse sentido.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Por último, mas não menos importante, vale mencionar que o planejamento e a implementação de políticas fiscais efetivas são tarefas de alta complexidade, que envolvem muitos aspectos do interesse público e da sociedade além daqueles apresentados neste trabalho, tais como a distribuição de renda, as políticas setoriais e a preservação de empregos e salários, apenas para citar alguns.

6 Conclusões e trabalhos futuros

Neste trabalho, o modelo média-variância de Harry Markowitz foi empregado na obtenção de macrocarteiras de tributos com composições ótimas das participações de agregados tributários na arrecadação federal. Estas macrocarteiras ótimas, ou *macrocarteiras eficientes*, são aquelas que produzem a menor instabilidade da arrecadação para um determinado crescimento esperado, ou um maior crescimento esperado para uma determinada instabilidade aceitável da arrecadação. Os efeitos destas composições ótimas propostas para a arrecadação federal foram avaliados e seus perfis de crescimento foram comparados com o crescimento da arrecadação realizada pelo governo federal entre janeiro de 2006 e maio de 2009.

Os resultados experimentais obtidos mostraram que, no contexto analisado, a estrutura tributária da arrecadação federal opera em um nível sub-ótimo de instabilidade-crescimento, seguindo um perfil de crescimento instável e volátil. Através da diversificação ótima das receitas dos agregados tributários foi possível obter, no perfil de risco conservador, um crescimento acumulado de arrecadação 28 pontos percentuais acima do crescimento acumulado realizado pelo governo federal nos mesmos agregados tributários e com apenas 25% da sua instabilidade—um risco quatro vezes menor. No perfil de risco moderado, foi alcançado um crescimento acumulado 33 pontos percentuais superior, para o mesmo nível de instabilidade. Na comparação com o resultado nominal das Receitas Administradas pela Receita Federal do Brasil, as macrocarteiras do perfil conservador alcançaram um crescimento acumulado 34 pontos percentuais superior e com apenas 25% da sua instabilidade; enquanto as macrocarteiras do perfil moderado alcançaram um crescimento 39 pontos percentuais superior e exibiram níveis equivalentes de instabilidade.

Os trabalhos futuros visando o aprofundamento deste estudo incluem a investigação de métodos mais adequados para a estimação do crescimento anual e instabilidade da arrecadação diante da falta de observações suficientes das séries históricas anuais; a utilização de modelos preditivos que capturem fatores mais recentes da evolução das séries históricas e ofereçam estimativas mais precisas para o crescimento esperado e instabilidade das receitas tributárias; e o refinamento do modelo média-variância para incorporar restrições mais realistas inerentes ao cenário do planejamento da arrecadação federal diante do processo legislativo brasileiro, especialmente aquelas restrições relacionadas à temporalidade na elaboração anual da Lei das Diretrizes Orçamentárias (LDO) e da Lei Orçamentária Anual (LOA).

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Programa de Pesquisa em Finanças Públicas da Escola de Administração Fazendária (ESAF) pelo apoio a esta pesquisa.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988—texto constitucional com alterações das Emendas Constitucionais 1/92 a 53/2006. 1. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2007. (Série Fontes de Referência. Legislação; no 43).

BRITO NETO, C. T. *Macrocarteiras de investimento: seleção e composição*. In: BRITO, N. R. O. de (Ed.). *Gestão de Investimentos*. São Paulo: Atlas, 1989. p. 105–122.

ELTON, E. J. et al. *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*. 7. ed. (S.l.): John Wiley & Sons, Inc., 2007.

FISCHER, D. E.; JORDAN, R. J. *Security Analysis and Portfolio Management*. 6. ed. (S.l.): Prentice-Hall International, 1995.

FOX, W. F. Three characteristics of tax structures have contributed to the current state fiscal crises. *State Tax Notes*, n. 29, p. 375–383, ago. 2003.

FREITAS, F. D. *Modelo de Seleção de Carteiras Baseado em Erros de Predição*. 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2010.

GENTRY, W. M.; LADD, H. F. State tax structure and multiple policy objectives. *National Tax Journal*, v. 47, n. 4, p. 747–772, 1994.

IPEA. Índices Analíticos Macroeconômicos – Receitas Públicas. 2009. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: fevereiro de 2011.

LINDO Systems Inc. *LINDO API*. 2008. Disponível em: <<http://www.lindo.com/downloads/>>. Acesso em: fevereiro de 2011.

MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection. *Journal of Finance*, New York, VII, n. 1, p. 77–91, mar. 1952.

MARKOWITZ, H. M. *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1991.

OCAMPO, J. A. Developing countries' anti-cyclical policies in a globalized world. Santiago, Chile, jun. 2002. CEPAL—Serie Informes y estudios especiales, United Nations Publication.

PAULSEN, L. *Direito Tributário—Constituição e Código Tributário à Luz da Doutrina e da Jurisprudência*. 11. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado—ESMAFE, 2009.

RFB. Resultado da Arrecadação. 2009. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/Historico/Arrecadacao/ResultadoArrec/default.htm>>. Acesso em: fevereiro de 2011.

SHARPE, W. F. An algorithm for portfolio improvement. In: LAWRENCE J.B. GUERARD, J. K.; REEVES, G. D. (Ed.). *Advances in Mathematical Programming and Financial Planning*. (S.l.): JAI Press, Inc., 1987. p. 155–170.

SHARPE, W. F.; ALEXANDER, G. J.; BAILEY, J. V. *Investments*. 6. ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1999.

THOMPSON, F.; GATES, B. Betting on the future with a cloudy crystal ball? how financial theory can improve revenue forecasting and budgets in the states. *Public Administration Review*, v. 67, n. 5, p. 825–836, set. 2007.

APÊNDICE I - PARTICIPAÇÕES DOS AGREGADOS CTN NAS FRONTEIRAS EFICIENTES

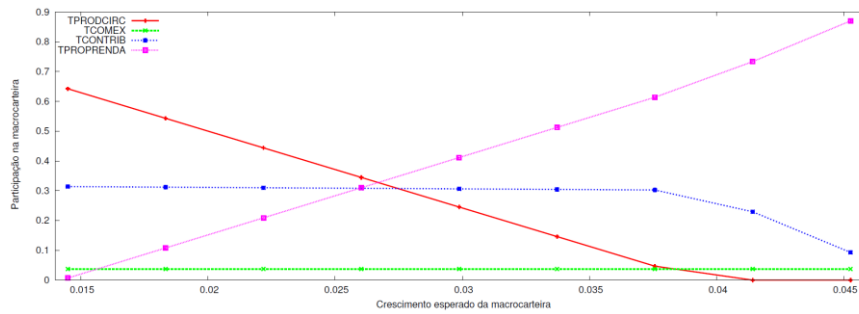


Figura I-1: Participações dos agregados CTN na Fronteira Eficiente para 2006.

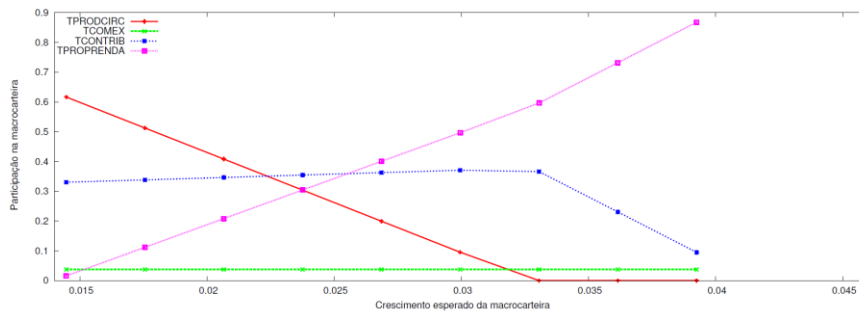


Figura I-2: Participações dos agregados CTN na Fronteira Eficiente para 2007.

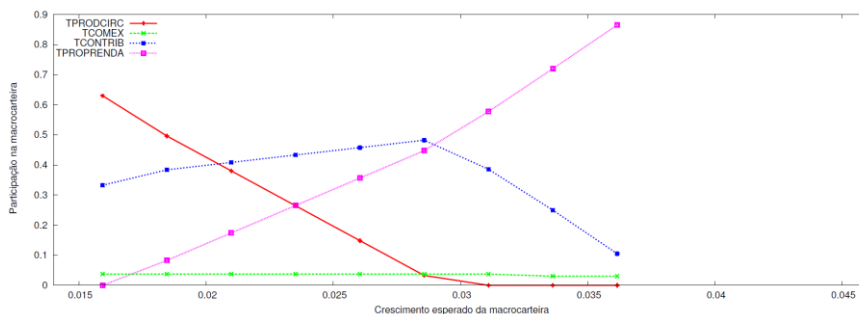


Figura I-3: Participações dos agregados CTN na Fronteira Eficiente para 2008.

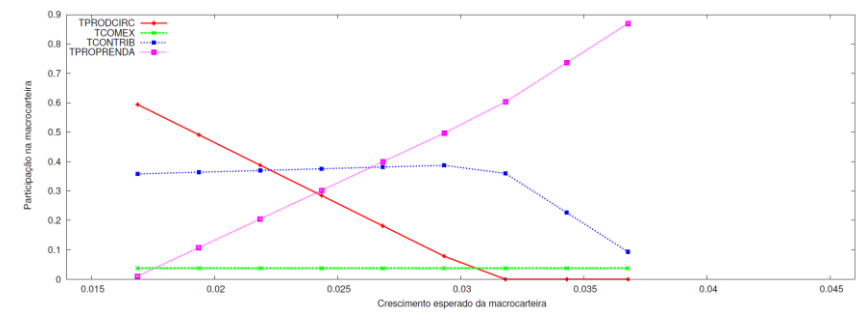


Figura I-4: Participações dos agregados CTN na Fronteira Eficiente para 2009.