

**FUNDAÇÃO INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA EM
CONTABILIDADE, ECONOMIA E FINANÇAS - FUCAPE**

JADIR SOARES JUNIOR

**EFEITOS DA DIFUSÃO DOS COMPUTADORES NA DEMANDA POR
DIFERENTES TIPOS DE ATIVIDADES NO MERCADO DE TRABALHO
BRASILEIRO**

VITÓRIA

2009

JADIR SOARES JUNIOR

**EFEITOS DA DIFUSÃO DOS COMPUTADORES NA DEMANDA POR
DIFERENTES TIPOS DE ATIVIDADES NO MERCADO DE TRABALHO
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças (FUCAPE), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo César Coimbra Lisboa.

**VITÓRIA
2009**

JADIR SOARES JUNIOR

**EFEITOS DA DIFUSÃO DOS COMPUTADORES NA DEMANDA POR
DIFERENTES TIPOS DE ATIVIDADES NO MERCADO DE TRABALHO
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças (FUCAPE), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis na área de concentração Administração Estratégica.

Aprovada em 18 de dezembro de 2009.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr.: PAULO CÉSAR COIMBRA LISBÔA

(Fund. Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças)

Prof. Dr.: BRUNO FUNCHAL

(Fund. Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças)

Prof Dr. : EDSON DANIEL LOPES GONÇALVES

(Risk Control)

*Dedico este trabalho à minha esposa, Maira, pelo companheirismo e
paciência durante esta jornada.*

Aos meus pais, Dauza e Jadir, pelo apoio e pelo exemplo de perseverança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que colaboraram direta ou indiretamente com a elaboração deste trabalho. Aos funcionários da FUCAPE pela atenção e prontidão nas horas necessárias, aos colegas de sala pelas discussões calorosas e enriquecedoras e, em especial, ao Professor Dr. Paulo Cesar Coimbra pelo apoio e confiança durante todo o projeto, e ao Professor Bruno Funchal pelo suporte aos testes econométricos.

RESUMO

O presente trabalho investiga os efeitos da difusão dos computadores no mercado de trabalho brasileiro ocorrido a partir do fim da política de reserva de mercado de informática em 1992. Com base no modelo teórico elaborado por Autor, Levy e Murnane (2003) e utilizando dados da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) e da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), encontramos evidências de que os setores industriais e as ocupações que mais utilizavam computadores em 2002 foram os que sofreram maior aumento na demanda por atividades não rotineiras e maior redução na demanda por atividades rotineiras durante o período de 1985 e 2002, independente do gênero ou grau de instrução dos trabalhadores. Estes resultados confirmam as hipóteses de Autor, Levy e Murnane (2003) que propõem que os computadores substituem o trabalho humano em atividades rotineiras e complementam o trabalho humano em atividades não rotineiras. A pesquisa justifica-se devido às diferentes características de um mercado em desenvolvimento e acrescenta evidências em favor deste modelo, somando-se às evidências apresentadas por Autor, Levy e Murnane (2003) para o mercado norte-americano, e por Spitz-Oener (2006) para o mercado alemão.

Palavras-chaves: Mercado de Trabalho, Computadores, Demanda por Atividades.

ABSTRACT

We investigate the effects of the spread of computers at the Brazilian labor market since the end of nontariff barriers in 1992. Using the propositions of Autor, Levy and Murnane (2003) we verify if the computers use changed the demand in favor of nonroutine tasks, which were complemented, and against the routine ones, partially substituted by this technology. This research complements evidences favoring this approach presented by the authors analyzing the North American labor market, and by Spitz-Oener (2006) for Germany, verifying the effects in a developing country. Using data from *Classificação Brasileira de Ocupações – CBO* (Brazilian Code of Occupations) and *Relação Anual de Informações Sociais – RAIS* (Social Information Annual Report), both from the Brazilian Labor Department, we found evidences that industries and occupations intensive in computer adoption in 2002, presented higher shift favoring nonroutine and against routine tasks during 1985 and 2002, in all educational group and gender. These results confirm the propositions of Autor, Levy e Murnane (2003).

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução da proporção de cada tipo atividade no mercado de trabalho brasileiro.	59
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplos da Classificação de Atividades e suas Ocupações	23
Tabela 2: Resumo dos resultados de Autor, Levy e Murnane (2003).....	33
Tabela 3: Correspondência entre atividades da CBO e a classificação proposta por Spitz-Oener (2006)	40
Tabela 4: Uso de computadores em 2002 em função da demanda por tarefas rotineiras em 1985	43
Tabela 5: Efeito do uso de computadores na demanda por diferentes tipos de tarefas	45
Tabela 6: Proporção de trabalhadores por gênero no mercado brasileiro.....	47
Tabela 7: Variação da demanda por diferentes tipos de tarefas em função da adoção de computadores – Análise por Gênero	48
Tabela 8: Proporção de trabalhadores de acordo com o grau de instrução.....	49
Tabela 9: Variação da demanda por diferentes tipos de tarefas em função da adoção de computadores – Análise por Grau de Instrução.....	51
Tabela 10: Variação da demanda por diferentes tipos de tarefas em função da adoção de computadores – Diferença 1994 e 2002	54
Tabela 11: Uso de computadores em 2002 em função da demanda por tarefas rotineiras em 1985 (Panel Data: Indústria x Ocupações)	55
Tabela 12: Efeito do uso de computadores na demanda por diferentes tipos de tarefas (Panel Data: Indústria x Ocupação)	56
Tabela 13: Percentual de cada tipo de tarefa no mercado brasileiro.....	58
Tabela 14: Efeito do uso de computadores na demanda pelos diferentes tipos de tarefas.	61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MUDANÇA TECNOLÓGICA A FAVOR DOS MAIS QUALIFICADOS.....	15
3. COMPUTADORES E AS ATIVIDADES DESEMPENHADAS NO MERCADO DE TRABALHO.....	19
4. O MODELO BASEADO EM ATIVIDADES	24
4.1 IMPLICAÇÕES AO NÍVEL DE SETORES INDUSTRIAIS	29
4.2 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS	31
5. O CASO BRASILEIRO	37
5.1 BASE DE DADOS	37
5.2 IMPACTO NAS INDÚSTRIAS	42
5.3 COMPUTADORES E A MUDANÇA NA DEMANDA POR ATIVIDADES	44
5.3.1 Diferença entre gêneros.....	46
5.3.2 Diferença por grau de instrução.....	48
5.3.3 O impacto das reformas estruturais no mercado brasileiro.....	52
5.4 CONTROLE DE HETEROGENEIDADES INVARIANTES NO TEMPO	54
5.5 IMPACTO NAS OCUPAÇÕES	56
6. CONCLUSÕES	62
7. REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE A – Computadores como complementos das Atividades Não Rotineiras.....	67

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho investiga as mudanças na demanda por diferentes tipos de atividades em função da difusão dos computadores no mercado de trabalho brasileiro, ocorrido a partir do fim da política de reserva de mercado de informática em 1992. Utilizando dados da Classificação Brasileira de Ocupação (CBO) para mensurarmos a demanda por diferentes atividades em cada ocupação, e dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) para mensurarmos a frequência ocupacional, testamos um modelo elaborado por Autor, Levy e Murnane (2003) e confirmamos que as hipóteses deste modelo explicam as mudanças ocorridas no mercado brasileiro.

A literatura econômica das últimas décadas vem investigando o impacto das mudanças tecnológicas oriundas da popularização dos computadores^a no mercado de trabalho e relata a forte correlação entre a adoção destas tecnologias e o aumento na demanda por trabalhadores com nível superior de educação (KATZ e AUTOR, 1999). Esta correlação foi observada tanto ao nível dos diferentes setores industriais (BERNAN, BOUND E GRILICHES, 1994; BERNAN, BOUND E MACHIN, 1998; MACHIN E VAN REENEN, 1998), quanto ao nível das firmas (LEVY E MURNANE, 1996; BRESNAHAN, BRYNJOLFSSON E HITT, 2002), e seu efeito no aumento das desigualdades salariais nos mercados desenvolvidos (AUTOR, KATZ E KRUEGER, 1998). Embora a desigualdade salarial no mercado norte-americano tenha se estabilizado nos anos 90 a despeito do contínuo aumento do uso dos computadores (CARD E DINARDO, 2002), as evidências indicam que a difusão dos

^a Neste trabalho, os computadores representam um conjunto de tecnologias compostas por diferentes tipos de equipamentos como microprocessadores e equipamentos de automação e comunicação, além de softwares e redes de comunicação de dados como internet, que são utilizados de forma associada pelos profissionais que desempenham atividades no mercado de trabalho.

computadores no mercado de trabalho foi viesada em favor dos profissionais com maior nível educacional (SBTC – *Skill-baised Technological Change*), sustentada pela premissa de que estes profissionais são mais aptos ao uso destas tecnologias.

No entanto, a literatura da SBTC falha ao explicar as causas do aumento da demanda por profissionais qualificados^b e em elucidar o que os computadores fazem e como eles alteram a estrutura do mercado de maneira a aumentar a demanda por este tipo de profissional (AUTOR, LEVY E MURNANE, 2003). Em busca destas respostas, Autor, Levy e Murnane (2003) propuseram um modelo teórico que investiga de forma mais profunda para quais fins os computadores são utilizados e de que forma isso altera o conteúdo das atividades desempenhadas no mercado de trabalho.

Autor, Levy e Murnane (2003) definiram trabalho como um conjunto de atividades que podem ser executadas seqüencialmente, como mover um objeto, executar um cálculo, comunicar uma informação ou resolver uma discrepância. Já os computadores, são definidos como máquinas capazes de executar com rapidez e acurácia, tarefas repetitivas especificadas através de instruções (programas) que determinam, sem ambigüidade, que ação a máquina irá executar em cada contingência, para atingir o resultado desejado.

Autor, Levy e Murnane (2003) classificaram as atividades (ou tarefas) desempenhadas no mercado de trabalho segundo sua capacidade de automatização a partir desta tecnologia: tarefas rotineiras são aquelas que podem ser executadas a partir de um conjunto de regras explícitas, programadas passo a passo e que, desta

^b Neste trabalho consideramos grau de instrução e nível educacional sinônimos. Profissionais mais qualificados ou profissionais com nível superior de educação são aqueles que possuem ao menos o grau superior de ensino, não os diferenciando dos que possuem grau de mestre ou doutor, e diferenciando-os dos que possuem apenas o grau básico ou fundamental de ensino. Ainda, não é feita distinção entre os profissionais com grau superior em disciplinas relacionadas ao estudo dos computadores, e os demais profissionais com grau superior de ensino.

forma, podem ser executadas por máquinas; tarefas não-rotineiras são aquelas para as quais as regras não são suficientemente bem compreendidas para serem especificadas em programas, visto que estas exigem raciocínio ou capacidade de comunicação mais complexa, e que ainda não podem ser automatizadas utilizando-se a tecnologia atual.

Com base em um modelo de equilíbrio geral, os autores supracitados propuseram que a forte queda nos preços dos computadores resultou na redução da demanda por tarefas rotineiras, que foram substituídas pelos computadores, e no aumento da demanda por tarefas não rotineiras, que foram complementadas pelos mesmos. Embora existam pontos de divergência, que serão abordados posteriormente, de uma forma geral este modelo está de acordo com as proposições da SBTC com relação ao aumento na demanda por profissionais qualificados, visto que este tipo de profissional é considerado mais apto a desempenhar tarefas não rotineiras e que estas estão em ascensão.

O modelo foi testado por Autor, Levy e Murnane (2003) no mercado norte-americano e também na Europa Ocidental (Alemanha e Grã-Bretanha) por Spitz-Oener (2006) e Goos e Manning (2007) respectivamente. Em todos os casos foram apresentadas evidências a favor das proposições de Autor, Levy e Murnane (2003), como por exemplo, aumento no emprego de gerentes e profissionais de nível superior como engenheiros e consultores, que utilizam computadores para complementar suas atividades; e redução do emprego de operadores de equipamentos e escriturários, que em certo grau, foram substituídos por computadores e sistemas automatizados que fazem parte desta tecnologia (GOOS E MANNING, 2007).

Este estudo busca verificar se o modelo proposto por Autor, Levy e Murnane (2003) é suficientemente robusto para explicar as mudanças na demanda por diferentes atividades ocorridas no mercado brasileiro, visto que este é um mercado em desenvolvimento e com características diferentes dos países nos quais o modelo foi testado até então. A fim de respondermos a este questionamento, testamos as proposições de Autor, Levy e Murnane (2003) no mercado de trabalho brasileiro. Para tal, classificamos as atividades exercidas neste mercado utilizando como base a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) para verificarmos como cada ocupação demanda diferentes tipos de atividades e, em seguida, criamos um índice representando a proporção de cada tipo de atividade em cada ocupação.

Também utilizamos a CBO para verificarmos quais ocupações necessitam do uso de computadores para seu exercício. Complementamos estes dados com a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), de onde extraímos a demanda por cada ocupação no mercado brasileiro, além do grau de instrução, do setor da indústria e do gênero dos trabalhadores alocados em cada ocupação, que foram utilizados como controles.

Com base nestas informações, mensuramos a demanda por cada tipo de atividade no mercado brasileiro antes e depois da difusão dos computadores e, através de testes estatísticos, verificamos se as mudanças ocorreram de acordo com as proposições de Autor, Levy e Murnane (2003).

Os resultados evidenciam que a difusão dos computadores no mercado brasileiro, acelerado pela queda dos preços desta tecnologia, aumentou a demanda por atividades não rotineiras e reduziu a demanda por atividades rotineiras, de forma similar ao ocorrido nos países desenvolvidos, independente do gênero ou do grau de instrução dos trabalhadores. Desta forma, constatamos a aplicabilidade do modelo

de Autor, Levy e Murnane (2003) em explicar o efeito da difusão dos computadores na demanda pelos diferentes tipos de tarefas demandadas pelo mercado brasileiro.

Nas seções seguintes, discutimos a relação entre o uso de novas tecnologias e a demanda por profissionais mais qualificados (seção 2) e, em seguida, como os computadores alteram a demanda por atividades, detalhando os tipos de atividades que podem ser substituídas ou complementadas por esta tecnologia (seção 3). Na seção 4, explicamos o modelo teórico utilizado neste trabalho e, na seção 5, apresentamos a análise do caso brasileiro. As conclusões e limitações desta pesquisa são apresentadas na seção 6.

2. MUDANÇA TECNOLÓGICA A FAVOR DOS MAIS QUALIFICADOS

O aumento das desigualdades salariais observadas nas últimas décadas nos mercados desenvolvidos (Estados Unidos da América e Europa) vem sendo discutido na literatura econômica como uma consequência de uma mudança tecnológica em favor dos profissionais com maior grau de instrução, conhecida como *Skill-biased Technological Change* – SBTC (KATZ E AUTOR, 1999), embora ainda não haja um consenso sobre esta causalidade (CARD E DINARDO, 2002). Tal mudança tecnológica é oriunda de mudanças organizacionais e nos processos de produção possibilitados pela difusão dos computadores e tecnologias associadas no mercado de trabalho, que ocorreu em função da queda dos preços destas tecnologias (KATZ E AUTOR, 1999).

Como evidências a favor da hipótese da SBTC, ainda que indiretas, podemos citar o aumento proporcional do emprego em setores industriais intensos em trabalho qualificado (KATZ E AUTOR, 1999). Citamos também o fato de o mercado continuar aumentando a demanda por profissionais qualificados mesmo com o aumento dos salários relativos destes profissionais (BERNAN, BOUND E GRILICHES, 1994; AUTOR, KATZ E KRUEGER, 1998), ao invés de buscar o equilíbrio aumentando a demanda por profissionais com menor qualificação e remuneração. Também sabemos que o aumento da demanda por profissionais qualificados ocorreu em diferentes setores industriais e que este não é um fenômeno

isolado do mercado norte-americano, pois também já foi evidenciado nos países membros da OECD^c (BERNAN, BOUND E MACHIN, 1998).

Foram também relatadas evidências mais diretas a favor da SBTC. Por exemplo, Levy e Murnane (1996) e Doms, Dunne e Troske (1997) evidenciaram que, entre diferentes setores industriais, o crescente demanda por trabalhadores com maior grau de instrução está positivamente correlacionada com uso intensivo de capital e de novas tecnologias, mostrando uma aparente complementaridade entre novas tecnologias e trabalhadores com maior grau de instrução (KATZ E AUTOR, 1999).

Além disso, há evidências ao nível de setores industriais, da relação entre investimentos em capital computacional, do aumento na proporção de empregados utilizando computadores, e de gastos em pesquisa e desenvolvimento, com o emprego de profissionais mais qualificados e o com o prêmio pago por educação dentro destes setores industriais (BERNAN, BOUND E GRILICHES, 1994; MACHIN E VAN REENEN, 1998).

Bresnahan, Brynjolfsson e Hitt (2002) apresentam evidências de que os investimentos em tecnologia da informação proporcionam mudanças organizacionais que descentralizam os processos de tomada de decisões, aumentando a autonomia dos trabalhadores e a necessidade de contratação de trabalhadores com alto grau de instrução. Complementando, Autor, Katz e Krueger (1998) encontraram evidências que o uso de computadores está associado com maior proporção de gerentes e outros profissionais de nível superior, e menor proporção no emprego de

^c OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development, da qual fazem parte 30 países da Europa, América do Norte, Ásia e Oceania.

trabalhadores operacionais, escriturários e outros profissionais com menor grau de instrução.

A interpretação para as evidências apresentadas acima pode ser atribuída a duas hipóteses concorrentes: 1) SBTC - *skill-biased technological change* é uma importante força por trás do aumento no longo prazo da demanda por trabalhadores com maior grau de instrução, através dos séculos; ou 2) o impacto da mudança tecnológica na demanda por profissionais qualificados acelerou-se nas duas últimas décadas e, esta aceleração é responsável pelo particular aumento das desigualdades salariais ocorrida nos anos 80. No entanto, as evidências disponíveis ainda não são claras a favor de uma ou outra hipótese (KATZ E AUTOR, 1999).

Na verdade, sabe-se pouco a respeito da natureza destas mudanças. Uma possibilidade é que os trabalhadores com maior grau de instrução são mais flexíveis e ajustam-se mais facilmente quando da adoção de novas tecnologias. Desta forma, toda mudança tecnológica aumenta a demanda por trabalhadores mais qualificados durante um período de transição (BARTEL E LICHTENBERG, 1987; GREENWOOD E YORUKOGLU, 1997). Com o tempo, as novas tecnologias se difundem, tornam-se parte dos processos rotineiros, e a vantagem competitiva dos trabalhadores mais qualificados é perdida.

Uma hipótese alternativa, é que diferentes mudanças tecnológicas podem ter diferentes vieses. As principais mudanças tecnológicas ocorridas no século 20, como as mudanças associadas aos computadores, foram viesadas a favor dos profissionais mais qualificados (KATZ E AUTOR, 1999). No entanto, isso não ocorre necessariamente sempre. Por exemplo, o processo de mecanização ocorrido no século 19 foi responsável pela mudança de uma produção tipicamente artesanal,

intensa em trabalhadores qualificados, para uma produção industrial, intensa no emprego de trabalhadores pouco qualificados (GOLDIN E KATZ, 1998).

O trabalho de Autor, Levy e Murnane (2003) discute de forma mais aprofundada como a tecnologia altera a estrutura do mercado causando aumento na demanda por profissionais com maior grau de instrução. Os autores supracitados investigam especificamente o caso da difusão dos computadores ocorrida nas duas últimas décadas e como esta tecnologia alterou a demanda por diferentes tipos de habilidades no mercado de trabalho. Na seção seguinte, abordaremos esta questão em maior detalhe.

3. COMPUTADORES E AS ATIVIDADES DESEMPENHADAS NO MERCADO DE TRABALHO

Embora o estudo de *softwares* capazes de simular a capacidade humana de pensar e resolver novos problemas seja há décadas um ramo de pesquisa em ciência da computação, os avanços nesta área ainda são modestos e máquinas capazes de tomar decisões ainda não estão disponíveis no mercado (AUTOR, LEVY e MURNANE, 2003).

No mercado de trabalho, embora os computadores e *softwares*^d tenham feito um grande avanço, sendo hoje utilizados para diversas finalidades em todas as áreas da economia, eles ainda são similares aos de décadas anteriores, sendo máquinas capazes de desempenhar, com rapidez e acurácia, um conjunto de tarefas especificadas deterministicamente por meio de uma seqüência lógica e não ambígua utilizando-se uma linguagem de programação (AUTOR, LEVY e MURNANE, 2003). Claro que, em decorrência do avanço na capacidade dos microprocessadores e algoritmos, cálculos complexos como a otimização de sistemas com várias variáveis em pesquisa operacional^e, que gastavam horas para serem processados em computadores de grande porte, hoje podem ser executados facilmente em minutos em um computador pessoal, disponível a preços acessíveis a uma grande variedade de firmas.

^d *Softwares* são programas de computadores desenvolvidos através de uma linguagem de programação, e que são utilizados em conjunto com os computadores propriamente ditos, para executar quaisquer atividades que estes equipamentos possam desempenhar. Abrangem, desde *softwares* básicos como os sistemas operacionais e de redes de comunicação de dados, até editores de textos e planilhas eletrônicas, ou ainda sistemas empresariais integrados como os ERP (*Enterprise Resource Planning*).

^e Pesquisa Operacional é um ramo interdisciplinar da matemática e da ciência da computação que trata da otimização de sistemas complexos, capazes de gerar informações para a tomada de decisões.

Embora esta tecnologia possua limitações, os computadores são amplamente utilizados em tarefas como a execução de cálculos, o armazenamento, a recuperação ou a distribuição de informações. Além disso, também já é comum o uso de robôs capazes de automatizar processos em linhas de montagem como no setor automotivo, ou mesmo no armazenamento, localização e otimização física de produtos em depósitos de grandes distribuidores atacadistas.

A partir desta visão dos computadores e do crescente uso dos mesmos pelas firmas, Autor, Levy e Murnane (2003) definiram o trabalho como uma seqüência de tarefas ou atividades a serem executadas, e classificaram as tarefas de acordo com sua capacidade de automatização em cinco grupos: atividades rotineiras cognitivas, rotineiras manuais, não rotineiras analíticas, não rotineiras interativas, e não rotineiras manuais.

Na definição de Autor, Levy e Murnane (2003) as atividades rotineiras são aquelas que podem ser automatizadas utilizando-se computadores, ou seja, são tarefas repetitivas que podem ser detalhadamente especificadas sem ambigüidade por meio de um programa de computador. Algumas destas tarefas rotineiras dependem de capacidade cognitiva^f, como executar o cálculo do valor de ICMS a ser pago numa nota fiscal. Os sistemas informatizados atuais são capazes de calcular os devidos impostos, registrar todas as informações contábeis e efetuar a atualização do estoque, tudo embutido dentro de uma única operação. Desta forma, uma série de atividades rotineiras antes executadas por vários profissionais são

^f Atividades cognitivas são atividades que dependem de um conjunto de processos mentais como utilização de conhecimentos e percepções. Algumas destas atividades podem ser rotineiras, como a execução do cálculo de um imposto a pagar, que depende de conhecimentos adquiridos, mas que seguem regras claras. Outras atividades cognitivas são não rotineiras, como por exemplo, atividades de criação, que não podem ser descritas através de regras claras.

realizadas automaticamente pelos computadores de forma mais rápida e com menor probabilidade de erros.

Outro tipo de tarefas rotineiras, por outro lado, depende de capacidades motoras e manuais para sua realização (AUTOR, LEVY e MURNANE, 2003). Como exemplo, podemos citar um processo de armazenagem de produtos num depósito de um distribuidor atacadista. Ao receber um determinado pedido, pacotes precisam ser movidos para um local no depósito. Com a tecnologia atual, tal processo pode ser realizado por um sistema informatizado que determina o melhor local para armazenagem do produto, e um robô que realiza a movimentação física do produto até o local previamente determinado.

Já as atividades não rotineiras, são as que não podem ser especificadas precisamente numa seqüência lógica de passos (AUTOR, LEVY e MURNANE, 2003). Elas podem ter natureza cognitiva ou manual. Dentre as cognitivas, as analíticas são as que dependem de capacidade de raciocínio e criatividade como as desempenhadas por um engenheiro ao projetar um novo processo produtivo. Como esta atividade depende da criação de um novo modelo ou conceito, a tecnologia atual não permite sua automatização.

Ainda dentro de grupo de atividades não rotineiras cognitivas, as interativas são as que dependem da interação direta com outros agentes como a persuasão de cliente para comprar um determinado produto ou a coordenação de atividades de trabalhadores subordinados (AUTOR, LEVY e MURNANE, 2003). Com relação à persuasão de um cliente, já existem hoje disponíveis uma série de sistemas de compras *online*, no qual podemos realizar compras diretamente na internet, sem a intervenção de nenhum agente de vendas. Em alguns casos, estes sistemas podem até ser capazes de realizar sugestões de venda, calculadas a partir do histórico de

vendas e de dados dos clientes, ou seja, realizam a parte rotineira do processo. No entanto, o processo de persuasão de um cliente para escolher um determinado produto em detrimento a outro depende de vários parâmetros que vão além do preço, e ainda não pôde ser automatizado utilizando-se a tecnologia atual.

Outro grupo de atividades, embora dependam de capacidades motoras e manuais, não obedecem a uma regra clara de maneira que possam ser executadas por computadores, ou seja, são atividades não rotineiras e manuais (AUTOR, LEVY e MURNANE, 2003). Veja, por exemplo, o caso de um motorista de ônibus coletivo numa grande cidade. Embora estes profissionais executem principalmente uma atividade manual, a gama de possibilidades e eventualidades que podem ocorrer no trânsito não permitiu, até o momento, que fossem desenvolvidos softwares e robôs capazes de executar esta função sem colocar em risco a vida dos passageiros. Este tipo de atividade até poderia ser automatizado utilizando-se a tecnologia atual. Note que um robô poderia ser utilizado para transportar determinados objetos de um lugar para o outro, como no exemplo de armazenagem de produtos em um depósito citado ao descrevermos as atividades rotineiras manuais. No entanto, no caso anterior, os robôs são operados em ambientes controlados e não num trânsito complexo, a exemplo de uma grande cidade.

A Tabela 1 ilustra algumas atividades classificadas segundo a tipologia de Autor, Levy e Murnane (2003). Repare que, de uma forma geral, as ocupações exercidas no mercado de trabalho não são puramente rotineiras ou puramente não rotineiras. Um exemplo pode ser verificado no caso de engenheiros. Embora estes profissionais exerçam predominantemente atividades não rotineiras como planejamento e coordenação, também exercem atividades rotineiras e que podem ser automatizadas como controlar um processo produtivo e testar componentes.

Tabela 1: Exemplos da Classificação de Atividades e suas Ocupações

Classificação	CBO 2002	
	Atividades	Ocupações
Não rotineira analítica	projetar soluções em tecnologia	Engenheiros
	realizar pesquisas científicas	Físicos
	analisar dados	Estatísticos
	elaborar documentação técnica	técnicos químicos
	avaliar desempenho da produção	diretores de produção
Não rotineira interativa	vender produtos	Vendedores
	coordenar pessoas	Gerentes
	Ensinar	Professores
	conciliar interesses	Magistrados
Rotineira cognitiva	monitorar processo de fabricação	técnicos em siderurgia
	programar produção	técnicos de planejamento e controle de produção
	testar sistemas	Engenheiros
	executar o projeto	designer de interiores de nível superior
	instalar os equipamentos	montadores de aparelhos de telecomunicações
	acompanhar fluxo de entregas	compradores
Rotineira manual	operar equipamentos	técnicos em transportes
	entregar objetos	carteiros
	Polir	afiadores e polidores de metais
	plantar culturas	produtores agrícolas
	construir móveis	Carpinteiros
	montar cenários	técnicos em cenografia
Não rotineira manual	fazer arrumação da casa	trabalhadores dos serviços domésticos
	Servir o cliente	Garçons, <i>barmen</i> , copeiros e <i>sommeliers</i>
	conduzir embarcações	técnicos marítimos

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da Classificação Brasileira de Ocupações (2002), seguindo o critério de classificação adotado por Spitz-Oener (2006).

4. O MODELO BASEADO EM ATIVIDADES

Nesta seção será apresentado o modelo baseado em atividades elaborado por Autor, Levy e Murnane (2003) que nos permite analisar o impacto da introdução dos computadores no mercado de trabalho.

Para sustentar o modelo, os autores supracitados assumem três pressupostos acerca de como o capital computacional interage com o trabalho humano:

A1. O capital computacional melhor substitui o trabalho humano em tarefas rotineiras do que em tarefas não rotineiras.

A2. Tarefas rotineiras e não rotineiras são, entre si, substitutos imperfeitos.

A3. A maior intensidade de tarefas rotineiras aumenta a produtividade marginal das tarefas não rotineiras.

A idéia de substituição do trabalho humano por máquinas já havia sido discutida anteriormente, a exemplo do trabalho de Goldin e Katz (1996, 1998), que investigaram as mudanças ocorridas no início do século XX em função de avanços tecnológicos como a adoção de motores elétricos. Também não é novidade a percepção de que os computadores são mais susceptíveis a substituição de determinadas tarefas e a complementação de outras, visto que este argumento já está presente desde Simon (1960).

Com relação substituição imperfeita entre tarefas rotineiras e não rotineiras (A2), suponha o caso de um sistema de vendas via internet no qual o cliente pode consultar um catálogo de roupas, comparar preços e acessar informações acerca do produto. No entanto, este sistema não substitui perfeitamente o papel persuasivo de

um agente de vendas na comercialização deste mesmo produto dentro de uma loja. Na loja, o cliente é capaz de experimentar a roupa e o agente de vendas, usando de sua persuasão, é capaz de induzir o cliente à compra do produto afirmando, por exemplo, que a roupa vestiu perfeitamente e que combina com os olhos do cliente, além de outros argumentos subjetivos oriundos da interação clientes e fornecedor. Desta forma, o sistema de vendas via internet é capaz de substituir em parte as atividades desempenhadas pelo agente de vendas, como informar as características do produto. Mas tal substituição não é perfeita, pois os agentes de vendas são capazes ir além, persuadindo o cliente na escolha do produto.

Já o pressuposto A3 pode ser percebido quando analisamos o processo de tomada de decisões por um executivo. Com a tecnologia atual, a parte rotineira de buscar as informações necessárias para a tomada de decisões pode ser rapidamente executada, restando mais tempo para que estes profissionais concentrem-se na parte não rotineira, que é a tomada de decisões em si. Evidências neste sentido foram apresentadas por Levy e Murnane (1996) ao analisar mudanças ocorridas no setor bancário.

Partindo destes pressupostos, Autor, Levy e Murnane (2003) propuseram um modelo simplificado baseado em equilíbrio geral no qual as atividades rotineiras e não-rotineiras são usadas para produzir uma quantidade Q , que é vendida ao preço um:

$$Q = (L_R + C)^{1-\beta} \cdot L_N^\beta, \text{ com } \beta \in (0,1) \quad (1)$$

Esta é uma função de produção Cobb-Douglas com retornos constantes de escala, onde L_R e L_N são, respectivamente, as entradas de trabalho rotineiro e não-rotineiro, e C é o capital computacional. Os autores supracitados assumiram que C é

suprido de forma perfeitamente elástica ao preço p , que está caindo exogenamente devido aos avanços tecnológicos.

Neste modelo, assumiu-se que o capital computacional substitui perfeitamente o trabalho humano em atividades rotineiras. Ressaltamos aqui que este pressuposto trata-se de uma simplificação realizada pelos autores para facilitar o tratamento algébrico, mas que isto não representa a situação real do mercado de trabalho, visto que ainda existe demanda por trabalho rotineiro como evidenciado nos trabalhos anteriores. Discutiremos as evidências empíricas na seção 4.2.

A função Cobb-Douglas implica que a elasticidade de substituição entre tarefas rotineiras e não rotineiras é igual a um, e os autores argumentam que os computadores e as tarefas não rotineiras são relativamente complementares⁹. Ainda, as tarefas rotineiras e não rotineiras completam-se para formar a função produção (*q-complements*), e o aumento da quantidade de tarefas rotineiras aumenta a produtividade marginal das tarefas não rotineiras (AUTOR, LEVY E MURNANE, 2003).

Suponha um grande número de trabalhadores racionais e maximizadores da própria utilidade, e que cada um destes trabalhadores possa suprir inelasticamente uma unidade de trabalho. Os trabalhadores possuem produtividades heterogêneas, ambos para tarefas rotineiras e não rotineiras, com $E_i = [r_i, n_i]$ e $1 \geq r_i$, $n_i > 0$, para todo i . Cada trabalhador pode escolher suprir r_i unidades eficientes de tarefas rotineiras, n_i unidades eficientes de tarefas não rotineiras, ou qualquer combinação convexa destas duas tarefas. Desta forma, cada trabalhador i supre uma quantidade de trabalho L_i , onde $L_i = [\lambda_i \cdot r_i, (1 - \lambda_i) \cdot n_i]$, com $0 \leq \lambda_i \leq 1$. Estes pressupostos

⁹ Autor, Levy e Murnane (2003) afirmam que os computadores complementam o trabalho humano em atividades não rotineiras. No entanto, a Equação 1 não estabelece esta relação. Discutiremos esta questão em mais detalhes no Apêndice A.

implicam que os trabalhadores escolherão as tarefas a suprir de acordo com uma vantagem comparativa, ou seja, o suprimento de tarefas responde elasticamente aos salários relativos das mesmas (AUTOR, LEVY E MURNANE, 2003).

As firmas que atuam neste mercado demandam atividades rotineiras e não rotineiras para produzirem bens. Elas podem adquirir atividades rotineiras tanto através de contratação de trabalhadores quanto através da aquisição de computadores. No entanto, as atividades não rotineiras podem ser supridas apenas por trabalhadores. Duas condições governam o equilíbrio entre a demanda por trabalhadores e computadores por parte das firmas e a oferta de trabalho rotineiro e não rotineiro. Primeiro, dada a perfeita substituição entre tarefas rotineiras e computadores, o salário por unidade eficiente para tarefas rotineiras é reduzido com a queda dos preços dos computadores:

$$\omega_R = \rho \quad (2)$$

Segundo, a seleção dos trabalhadores entre ocupações rotineiras versus não rotineiras conduz ao equilíbrio entre a demanda por trabalhadores e computadores e a oferta de trabalhos rotineiros versus não rotineiros (AUTOR, LEVY E MURNANE, 2003). Ainda, a seleção dos trabalhadores entre tarefas rotineiras versus não rotineiras, além de depender do salário relativo destas atividades, depende da eficiência relativa de cada trabalhador ao suprir estes tipos de atividades.

A eficiência relativa de um indivíduo i entre tarefas não rotineiras versus rotineiras é definida como $\eta_i = \frac{n_i}{r_i}$. Os pressupostos acima implicam que $\eta_i \in (0, \infty)$.

No equilíbrio de Mercado, um trabalhador qualquer com eficiência relativa η^* é indiferente entre suprir tarefas rotineiras e não rotineiras quando:

$$\eta^* = \omega_R / \omega_N \quad (3)$$

O trabalhador i suprirá trabalho rotineiro ($\lambda_i = 1$) caso $\eta_i < \eta^*$. Caso contrário, suprirá trabalho não rotineiro ($\lambda_i = 0$).

Autor, Levy e Murnane (2003) definiram $g(\eta)$ e $h(\eta)$ como o somatório das características de produtividade da população em suprir tarefas rotineiras e não rotineiras, respectivamente, em unidades de eficiência, ou seja:

$$g(\eta) = \sum_i r_i \cdot I[\eta_i < \eta] \text{ e } h(\eta) = \sum_i n_i \cdot I[\eta_i \geq \eta], \text{ onde } I[\bullet] \text{ é a função indicadora.}$$

Assumindo que a economia opera em uma curva de demanda, a eficiência produtiva requer que:

$$\omega_R = \frac{\partial Q}{\partial L_R} = (1 - \beta) \cdot \theta^{-\beta} \text{ e } \omega_N = \frac{\partial Q}{\partial L_N} = \beta \cdot \theta^{1-\beta} \quad (4)$$

$$\text{Onde } \theta \equiv \frac{(C + g(\eta^*))}{h(\eta^*)} \quad (5)$$

As equações (2), (3), (4) e (5) provêem as condições de equilíbrio para as cinco variáveis endógenas: ω_R , ω_N , θ , C , η , e serão utilizadas a seguir para analisar como a queda nos preços dos computadores afeta a demanda por atividades, os salários e a oferta de atividades rotineiras e não rotineiras por parte dos trabalhadores. Primeiro, analisaremos o impacto nos salários.

Autor, Levy e Murnane (2003) derivaram da equação (2) que a queda do preço dos computadores reduz ω_R numa razão um para um, ou seja, $\frac{\partial(\ln \omega_R)}{\partial(\ln \rho)} = 1$, e, desta forma, que a demanda por tarefas rotineiras aumenta:

$$\frac{\partial \ln \theta}{\partial \ln \rho} = -\frac{1}{\beta} \quad (6)$$

Do ponto de vista dos produtores, o aumento na demanda por tarefas rotineiras poderia ser satisfeito tanto pelo aumento de C quanto pelo aumento de L_R (ou por ambos). No entanto, somente o aumento de C ocorre. Como as tarefas rotineiras e não rotineiras se complementam na função produção (*q-complements*), a queda dos preços dos computadores aumenta o salário relativo das tarefas não rotineiras:

$$\frac{\partial \ln(\omega_N/\omega_R)}{\partial \ln \rho} = -\frac{1}{\beta} \text{ e } \frac{\partial \ln \eta^*}{\partial \ln \rho} = \frac{1}{\beta} \quad (7)$$

Conseqüentemente, um trabalhador qualquer irá realocar sua oferta de trabalhos rotineiros para não rotineiros e o aumento na demanda por tarefas rotineiras será satisfeito inteiramente através do capital computacional C .

Desta forma, a queda exógena do preço dos computadores aumenta a produtividade marginal das tarefas não rotineiras fazendo com que os trabalhadores realoquem seu suprimento de trabalhos rotineiros para não rotineiros. Embora a oferta de trabalhos rotineiros seja reduzida, o uso do capital computacional mais do que compensa esta queda, proporcionando um aumento líquido na demanda por tarefas rotineiras na função produção (AUTOR, LEVY E MURNANE, 2003).

4.1 IMPLICAÇÕES AO NÍVEL DE SETORES INDUSTRIAIS

Para testar este modelo de forma ideal, precisaríamos de duas economias idênticas, uma experimentando uma forte queda nos preços dos computadores e a outra não (AUTOR, LEVY E MURNANE, 2003). Como não dispomos de tal experimento, os autores supracitados estenderam a análise para o nível microeconômico, considerando a Equação (1) acima, como a função produção de

um setor industrial, onde diferentes setores industriais j produzem uma quantidade q_j , e para tal, demandam tarefas rotineiras e não rotineiras. Desta forma, temos que:

$$q_i = r_j^{1-\beta_j} \cdot n_j^{\beta_j}, \text{ com } \beta_j \in (0,1) \quad (8)$$

Embora todas as indústrias possam adquirir o capital computacional ao mesmo preço p , o grau da aquisição deste capital depende de β_j . Conseqüentemente, Autor, Levy e Murnan, e (2003) derivam as seguintes proposições:

Proposição 1: Para uma determinada queda de preço do capital computacional, o aumento proporcional da demanda por tarefas rotineiras foi maior nas indústrias que faziam uso mais intensivo de tarefas rotineiras antes da queda dos preços, ou seja, nas indústrias onde o β_j é pequeno. Desta forma, as indústrias que usavam intensamente tarefas rotineiras adotaram o capital computacional em maior proporção, quando comparado com as indústrias que não eram intensas no uso destas tarefas.

Proposição 2: A queda dos preços dos computadores aumentou a demanda por trabalho não-rotineiro, sendo este aumento maior em indústrias que usavam intensivamente tarefas rotineiras. Sabendo que o suprimento de trabalhos rotineiros cai com a queda de p , o aumentando da demanda por tarefas rotineiras deve ser satisfeito pela aquisição de capital computacional. Desta forma, os setores que investiram mais em capital computacional tiveram maior aumento na demanda por trabalhos não-rotineiros e maior redução na demanda por trabalhos rotineiros.

Proposição 3: Analogamente, espera-se que as ocupações que receberam maiores investimentos computacionais tiveram maior aumento na demanda por tarefas não-rotineiras e maior redução na demanda por tarefas rotineiras.

Complementando esta discussão, Goos e Manning (2007) perceberam outra consequência deste modelo que não foi originalmente explorada por Autor, Levy e Murnane (2003). Notando que as ocupações mais propícias a serem substituídas pelos computadores (as com maior proporção de tarefas rotineiras) estão concentradas principalmente nas faixas intermediárias da distribuição de renda, Goos e Manning (2007) argumentaram também que a queda dos preços dos computadores contribuiu para uma maior polarização do mercado de trabalho entre bons (ou bem remunerados) e maus (pouco remunerados) postos de trabalho, contribuindo para o aumento das desigualdades salariais nos mercados desenvolvidos.

4.2 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

Autor, Levy e Murnane (2003) testaram as proposições do modelo utilizando as descrições ocupacionais do Dictionary of Occupational Titles dos Estados Unidos da América de 1977 e 1991, mesclados com os dados de frequência ocupacional, indústria, e demais variáveis de controle como educação e gênero, disponíveis no Censo Norte-Americano de 1960, 1970, 1980 e 1990 e na Current Populational Survey de 1980, 1990 e 1998.

Posteriormente, o modelo também foi testado no mercado de trabalho alemão, por Spitz-Oener (2006). A autora utiliza o *Qualification and Career Survey* do German Federal Institute for Vocational Training e do Research Institute of the Federal Employment Service. A grande vantagem deste trabalho, que utiliza quatro *cross-sections*: 1979, 1985/86, 1991/92, 1998/99, é que as informações sobre o conteúdo das atividades exercidas no mercado de trabalho foram classificadas de acordo com a mesma estrutura ocupacional (classificação de 1988) em todos os

levantamentos, permitindo uma comparação direta das mudanças nas ocupações. Além disso, as demais informações como indústria, educação, gênero e uso de computadores, foram descritas diretamente pelos trabalhadores que exercem tais funções no mercado de trabalho. Já no trabalho de Autor, Levy e Murnane (2003), as descrições ocupacionais foram realizadas por especialistas e as demais informações estão contidas em diferentes bases de dados, elaboradas com outros propósitos.

Em ambos os trabalhos, as análises de tendências da demanda por cada tipo de atividade ao longo do tempo evidenciam o aumento na demanda por atividades não rotineiras analíticas e interativas, e a redução na demanda por atividades rotineiras cognitivas e manuais. Quando as tendências foram analisadas separadamente entre grupos com auto, médio e baixo nível educacional, os resultados mostraram-se consistentes em todos estes grupos, e não viesados para um determinado grupo como previsto nos modelos da SBTC.

Com relação às atividades não rotineiras manuais, embora o modelo não implique em substituição nem em complementação destas atividades pelos computadores, por uma questão de equilíbrio, é intuitivo pensar no aumento na demanda por este tipo de tarefa. A tendência geral apresentada por Autor, Levy e Murnane (2003) mostra uma queda na demanda, ao contrário do que podemos inferir a partir do modelo. No entanto, as tendências apresentadas por Spitz-Oener (2006) mostram o aumento na demanda por este tipo de atividade tanto na tendência geral quanto nas tendências dos grupos com baixo e médio nível educacional. Já o grupo com maior escolaridade mostra uma queda. Estes resultados são consistentes com o modelo se considerarmos que, com a redução da demanda por atividades rotineiras, os trabalhadores que possuíam baixo ou médio nível educacional e originalmente exerciam atividades rotineiras, não poderiam

facilmente migrar para ocupações intensas em atividades não rotineiras visto que estas demandam maior escolaridade. Desta forma, estes trabalhadores encontraram oportunidades em ocupações intensas em atividades não rotineiras manuais.

Os testes formais do modelo realizados por Autor, Levy e Murnane (2003) e por Spitz-Oener (2006) confirmam as hipóteses de que os computadores complementam as atividades não rotineiras e substituem as atividades rotineiras. Autor, Levy e Murnane (2003) testaram separadamente as três proposições descritas acima. Um resumo dos resultados está apresentado na Tabela 2. Como pode ser observado, os resultados são consistentes com o modelo proposto, além de robustos dentro dos diferentes grupos educacionais e gênero. É importante também observarmos que a mudança em favor das atividades não rotineiras e contra as atividades rotineiras ocorreu principalmente nas duas últimas décadas, ou seja, justamente no período após a queda dos preços dos computadores.

Os resultados apresentados no trabalho da Spitz-Oener (2006) são similares aos de Autor, Levy e Murnane (2003), confirmando a mesma tendência no mercado alemão. Neste trabalho foi testado um modelo estatístico para verificar as variações na proporção de cada tipo de tarefa no mercado de trabalho como consequência do aumento do uso de computadores. Os resultados indicam uma relação positiva entre o uso de computadores e a demanda por tarefas não rotineiras cognitivas, e uma relação negativa com a demanda por tarefas rotineiras. A relação foi controlada por faixa educacional e pelo aumento da proporção de mulheres no mercado. Os resultados não evidenciam que estes fatores foram as causas das mudanças de demanda pelos diferentes tipos de tarefas, visto que mudanças ocorreram consistentemente em todos os níveis educacionais e gêneros.

Tabela 2: Resumo dos resultados de Autor, Levy e Murnane (2003)

Proposição Autor, Levy e Murnane (2003)	Testes e Resultados
Proposição 1: indústrias intensas em tarefas rotineiras antes da queda dos preços dos computadores adotaram esta tecnologia em maior intensidade que as demais.	* Modelo estatístico: $Computer\ Adoption_{j,1997} = \alpha_j + \beta * RTS_{j,1960} + \varepsilon$; Onde $RTS_{j,1960} = 100 \times Tar.rotineiras / (Tar.rotineiras + Tar.não\ rotineiras)$ Ou seja: a adoção de computadores na indústria j em 1997 em função da proporção de atividades rotineiras na indústria j em 1960. Resultado: $\beta = 1.85$, confirmando que as indústrias intensas em atividades rotineiras em 1960 adotaram computadores em maior proporção que as demais.
Proposição 2: os setores que investem mais em capital computacional terão maior aumento na demanda por trabalhos não-rotineiros e maior redução na demanda por trabalhos rotineiros	* Modelo estatístico: $\Delta T_{jk,1960-1998} = \alpha + \beta_k * \Delta C_{j, 1998} + \varepsilon$ Ou seja, a variação na demanda da tarefa k, na indústria j, no período t, em função da variação na proporção do uso de computadores. Os autores testaram separadamente para cada tipo de tarefa e para a variação entre cada uma das 4 décadas analisadas. Resultados: comprovam o aumento das tarefas não rotineiras e redução nas rotineiras como previsto e mostra que as mudanças ocorreram principalmente nas últimas décadas, ou seja, no período pós queda dos preços dos computadores. * Teste com investimentos (\$) reais em TI: resultados similares aos anteriores, em favor do modelo. No entanto, os coeficientes são menores (em valor absoluto) e menos significantes que os dos testes anteriores. * Variação do teste, separadamente para 4 grupos educacionais, e considerando apenas as variações de tarefas dentro das indústrias. Resultado: similar aos anteriores, confirmando a hipótese para todos os grupos educacionais, embora em alguns casos os resultado não seja estatisticamente significativo. Testaram também uma comparação entre as mudanças dentro e entre indústrias, e mostraram que as variações dentro das indústrias são significativas em todos os grupos educacionais, e não apenas resultados em mudanças na alocação entre diferentes setores da economia.
Proposição 3: as ocupações que receberam maiores investimentos computacionais apresentam maior demanda por tarefas não-rotineiras e menor demanda por tarefas rotineiras.	Analisa as mudanças ocorridas dentro do conteúdo das ocupações de acordo com as versões do DOT de 1977 e 1991. Modelo estatístico: $\Delta T_{mkt,1977-1991} = \alpha + \beta * \Delta C_m + \varepsilon$ Ou seja: Variação da demanda da tarefa k, na ocupação m, no período t em função do uso de computadores na ocupação. Resultados: Conforme previsto no modelo, ocupações que fizeram maior uso de computadores aumentaram a demanda tarefas não rotineiras e reduziram a demanda por atividades rotineiras cognitivas (O resultado não foi conclusivo para tarefas rotineiras manuais). Foram adicionados controles por gênero e por nível educacional e os resultados foram similares, indicando que a mudança foi similar em todos estes grupos.

Fonte: Autor, Levy e Murnane (2003), adaptado pelo autor.

No entanto, tanto o trabalho de Autor, Levy e Murnane (2003) quanto o de Spitz-Oener (2006) não apresentam evidências com relação às tarefas não rotineiras manuais. No caso alemão, embora os resultados indiquem aumento na demanda por este tipo de tarefa, os resultados não são estatisticamente significativos. Enriquecendo esta discussão, Goos e Manning (2007) apresentam evidências significativas também com relação às tarefas não rotineiras manuais no mercado

britânico, utilizando dados da *New Earnings Survey (NES)* e da *Labor Force Survey (LFS)*, cruzados com as definições ocupacionais do DOT norte-americano.

Goos e Manning (2007) não testaram formalmente o modelo de Autor, Levy e Murnane (2003) e sim, acrescentaram outra implicação deste modelo que é a polarização do mercado de trabalho entre ocupações bem e mau remuneradas. A partir da observação de que os postos de trabalho que foram substituídos pelos computadores não estão uniformemente distribuídos com relação à renda, os autores argumentam que a forte queda nos preços dos computadores reduziu as ocupações com renda intermediária, que são intensas em demanda por tarefas rotineiras, e aumentou o número de ocupações nos extremos inferiores e superiores da faixa de renda, ou seja, aumentou a demanda pelas ocupações com menor remuneração, que são intensas em tarefas não rotineiras manuais, e aumentou a demanda pelas ocupações com maior remuneração, que são intensas em tarefas não rotineiras cognitivas e interativas.

Tanto as análises de tendências quanto os testes formais apresentados por Goos e Manning (2007) evidenciam uma relação quadrática entre renda e as variações na demanda por diferentes ocupações, com ponto de mínimo nas faixas de renda intermediárias, e pontos de máximo nos extremos. Os autores examinam a variação na demanda por cada tipo de ocupação e justificam o aumento no extremo inferior, ou seja, aumento na proporção de trabalhadores que recebem as menores remunerações, pelo aumento na demanda por tarefas não rotineiras manuais, visto que as ocupações nesta faixa de renda são justamente as mais intensas neste tipo de tarefa. Considerando que as ocupações com menor remuneração também são aquelas que demandam menor nível educacional de seus trabalhadores, isto evidencia um fato contrário à tendência em favor dos trabalhadores mais educados

como proposto nos trabalhos da SBTC. Já o aumento na proporção de trabalhadores no extremo superior da faixa de renda é consistente com as proposições da SBTC visto que as ocupações contidas nesta faixa de renda são as que demandam maior nível educacional de seus trabalhadores.

Goos e Manning (2007) também controlaram as mudanças dentre os diferentes setores industriais, níveis de educação e gênero, sendo os resultados consistentes em todos os grupos. Visto que a base de dados da NES tem um viés relativo ao trabalho em tempo integral e aos formalmente empregados, os autores replicaram os testes com os dados da LFS, que possui uma amostra aleatória e, no entanto reduzida, encontrando resultados similares. Os autores também verificaram as consequências destas mudanças na distribuição de renda e constataram que a polarização explica boa parte do aumento das desigualdades salariais evidenciadas no mercado britânico nas últimas duas décadas.

Inspirados nas versões anteriores do trabalho de Goos e Manning (2003), Autor, Katz e Kearney (2006) investigaram a polarização no mercado norte-americano como consequência da mudança tecnológica e encontraram evidências similares neste mercado.

5. O CASO BRASILEIRO

As pesquisas relatadas anteriormente apresentam evidências em favor do modelo proposto por Autor, Levy e Murnane (2003) em mercados desenvolvidos: Estados Unidos da América, Alemanha e Grã-Bretanha. O teste no mercado brasileiro justifica-se pelas suas diferentes características, sendo um país em desenvolvimento, com baixa escolaridade média e grandes desigualdades salariais (SOTOMAYOR, 2004), quando comparado com os países acima citados.

Apesar destas diferenças, o mercado brasileiro também seguiu algumas tendências dos países desenvolvidos durante este período. Destacamos aqui o aumento do grau de instrução da mão de obra (SOTOMAYOR, 2004) e o aumento da proporção de mulheres no mercado (RAMOS, 2007).

Nesta seção, questiona-se se o modelo de Autor, Levy e Murnane (2003) é suficientemente abrangente para também explicar as mudanças ocorridas no mercado brasileiro, considerando suas particularidades. Na análise a seguir, apresentamos os testes do modelo de Autor, Levy e Murnane (2003) para este mercado e discutimos os resultados.

5.1 BASE DE DADOS

Utilizamos duas fontes de dados na análise do mercado brasileiro. As informações sobre a frequência de trabalhadores em cada ocupação, grau de instrução, indústria e gênero foram obtidas a partir da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)^h. A RAIS é um registro do emprego no setor formal do mercado

^h Disponível em <http://sgt.caged.gov.br/>. Acessado em 01/04/2009.

brasileiro, obrigatório para todas as empresas públicas e privadas que atuam em todos os setores da economia (Agricultura, comércio, indústria, serviços, dentre outros). Esta base nos permite uma análise temporal de 1985 até 2002 com frequência anual, mantendo a padronização do conteúdo durante o período analisado, e tem a vantagem de abranger quase a totalidade dos trabalhadores formais do mercado brasileiro.

Para conduzirmos a análise sobre o impacto dos computadores no mercado brasileiro, precisamos de uma medida das atividades exercidas neste mercado e de como a demanda por estas atividades foi alterada ao longo do tempo. Para tal, utilizamos a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO)ⁱ, publicada pelo Ministério do Trabalho e do Emprego, nas versões de 1994 e 2002. Esta base de dados descreve detalhadamente as ocupações e as atividades realizadas pelos trabalhadores no exercício destas ocupações e foi elaborada a partir da Classificação Internacional Uniforme de Ocupações (CIUO) das Nações Unidas. Ainda, a CBO é referência obrigatória para os registros administrativos para todas as empresas públicas e privadas.

A CBO de 1994 possui uma codificação de 5 dígitos e a de 2002, de 6 dígitos. Neste trabalho utilizaremos o nível de família ocupacional, visto que este é o nível mais desagregado utilizado na RAIS. A versão de 1994 possui um total de 354 famílias, codificadas com três algarismos, agrupadas em 82 subgrupos e 9 grandes grupos ocupacionais. Já a versão de 2002, apresenta uma codificação com quatro algarismos, num total de 602 famílias ocupacionais, agrupadas em 184 subgrupos e 9 grandes grupos. Doravante, por simplificação, utilizaremos o termo ocupação para representar as famílias ocupacionais. Ressaltamos que algumas ocupações como

ⁱ Disponível em <http://www.mtecbo.gov.br/>. Acessado em 01/04/2009.

legisladores e membros das forças armadas ficaram de fora desta análise, devido ao não detalhamento das atividades exercidas nestas ocupações nas bases de dados da CBO.

Nas comparações entre as ocupações da CBO 1994 e 2002 utilizamos a tábua de conversão disponível no sistema do Ministério do Trabalho e Emprego^j, sendo que ao todo foram analisadas 321 ocupações compatíveis entre as versões de 1994 e 2002.

Para investigarmos as mudanças na demanda por atividades dentro de cada ocupação, utilizamos as descrições ocupacionais da CBO e classificamos cada atividade de acordo com a tipologia proposta por Autor, Levy e Murnane (2003). Nesta classificação, utilizamos como referência a Tabela 3, que foi baseada no padrão elaborado por Spitz-Oener (2006), com objetivo de mantermos a padronização da classificação das atividades independente das ocupações. Ou seja, utilizamos a Tabela 3 como referência para garantir que, por exemplo, a atividade “planejar” fosse classificada como não rotineira analítica em todas as ocupações nas quais esta atividade é exercida.

^j Disponível em <http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/downloads.jsf>. Acessado em 01/04/2009.

Tabela 3: Correspondência entre atividades da CBO e a classificação proposta por Spitz-Oener (2006)

Referência Spitz-Oener (2006)	Correspondência Atividades CBO
NONROUTINE ANALYTIC	NÃO ROTINEIRA ANALÍTICA
Reseaching	Pesquisar, Realizar Pesquisas, Investigar
Analyzing	Analisar, Examinar, Estudar, Apreciar
Evaluating and Planning	Avaliar, Planejar, Orçar, Prognosticar, Diagnosticar, Julgar
Making plans/constructions	Planejar, Construir, Aperfeiçoar, Otimizar
Designing	Projetar, Desenvolver, Elaborar, Criar, Sistematizar, Estruturar
Sketching	Esboçar, Desenhar
Working out rules, prescriptions	Decidir, Definir, Homologar, Subscrever, Adaptar, Viabilizar
Using and interpreting rules	Aplicar, Interpretar, Exercer, Configurar, Legalizar, Identificar, Assegurar, Garantir
NONROUTINE INTERACTIVE	NÃO ROTINEIRA INTERATIVA
Negotiating	Negociar, Conciliar, Defender
Lobbying	Articular, Sensibilizar
Coordinating	Coordenar, Mobilizar, Reger
Organizing	Organizar
Teaching or training	Ensinar, Treinar, Difundir Conhecimentos, Qualificar Pessoal, Ministras, Educar, Orientar, Lecionar, Capacitar, Dar aulas, Instruir
Selling	Vender, Comercializar
Buying	Comprar, Contratar
Advising customers	Aconselhar, Assessorar, Interagir, Recomendar, Assistir
Advertising	Publicar, Anunciar
Entertaining or presenting	Apresentar, Realizar Apresentações
Employing or managing personnel	Gerenciar, Gerir, Supervisionar, Administrar, Dirigir equipes, Liderar, Formar equipe, Chefiar, Comandar
ROUTINE COGNITIVE	ROTINEIRA COGNITIVA
Calculating	Calcular, Efetuar, Programar, Transformar
Bookeeping	Registrar, Cadastrar, Protocolar
Correcting texts, data	Corrigir, Ajustar, Atuar em falhas, Conformar
Measuring	Mensurar, Medir, Checar, Conferir
ROUTINE MANUAL	ROTINEIRA MANUAL
Operating or Controlling Machines	Operar, Confecionar, Processar produtos, Armazenar, Distribuir, Recuperar, Incorporar, Entregar, Transportar, Beneficiar
Equipping Machines	Equipar, Montar
NONROUTINE MANUAL	NÃO ROTINEIRA MANUAL
Repairing or renovating	Consertar, Reformar, Reparar
Restoring	Restaurar
Serving or Accommodating	Servir, Acomodar, Faxinar, Limpar, Arrumar

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após classificarmos cada uma das atividades, construímos um índice de acordo com a proporção de cada tipo de atividade dentro de cada ocupação. Por exemplo, o índice relativo às tarefas não rotineiras analíticas para cada ocupação é:

NA = (número de atividades não rotineiras analíticas) / (número total de atividades na ocupação). De forma similar, calculamos os índices NI, RC, RM e NM, respectivamente para tarefas não rotineiras interativas, rotineiras cognitivas, rotineiras manuais e não rotineiras manuais. Também calculamos o índice RTS, que representa o total de atividades rotineiras (cognitivas e manuais), e o índice NRTS, que representa o total de atividades não rotineiras cognitivas (analíticas e interativas).

Também utilizaremos a CBO de 2002 para captarmos os investimentos em computadores em uma determinada ocupação. Para tal, fizemos uso dos recursos de trabalho utilizados pelos profissionais.

Assumimos que o uso de computadores no mercado brasileiro em 1985 era limitado a uma pequena parcela de empresas devido à Política de Reserva de Mercado de Informática. Diferente dos países desenvolvidos nos quais este modelo foi testado até então, o Brasil adotou uma política de reserva de mercado de informática que vigorou de 1984 a 1992. Esta política, criada a partir da Lei Federal nº 7.232/84, permitia apenas a comercialização de produtos de empresas de capital nacional. Esta foi uma intervenção governamental criada com o intuito de proteger e fomentar o desenvolvimento da indústria nacional. Após o desenvolvimento da indústria nacional, haveria a liberalização do mercado e as empresas nacionais estariam tecnologicamente preparadas para a concorrência. No entanto, esta política não conseguiu atingir seus objetivos, e ao fim da reserva e conseqüente liberalização do mercado, a maior parte das empresas nacionais não suportaram a concorrência internacional e, ou abandonaram o mercado ou foram adquiridas pelos concorrentes externos (BOTELHO et al, 1999).

Consideramos neste trabalho, que a política de reserva de mercado de informática não interfere nas proposições de Autor, Levy e Murnane (2003). No

entanto, esta política atrasou o efeito no mercado brasileiro, pois atrasou a difusão desta tecnologia.

Com o passar de uma década do fim da política de reserva, em 2002 o uso dos computadores já estava difundido em todos os tipos de firmas que atuam no mercado brasileiro. Neste trabalho, analisaremos as mudanças ocorridas entre 1985 e 2002. Ou seja, analisamos um período cerca de uma década anterior à liberalização, na qual os computadores ainda não estavam difundidos no mercado brasileiro, e um período cerca de uma década posterior à liberalização, no qual os computadores já haviam sido difundidos neste mercado.

Como o uso de computadores não se aplica a todas as ocupações exercidas no mercado de trabalho, consideraremos aqui que as ocupações que necessitavam de computadores para seu exercício em 2002, segundo a CBO, receberam investimentos em capital computacional durante o período de nossa análise. Já as ocupações que não necessitavam de computadores em 2002, não receberam investimentos computacionais.

5.2 IMPACTO NAS INDÚSTRIAS

Começamos analisando a primeira proposição do trabalho de Autor, Levy e Murnane (2003). Os autores propuseram que, como consequência da queda dos preços dos computadores, as indústrias que demandavam intensamente tarefas rotineiras antes da difusão dos computadores no mercado de trabalho adotaram esta tecnologia em maior proporção quando comparadas às indústrias que pouco demandavam tarefas rotineiras antes da difusão dos computadores. Testamos esta proposição a partir do seguinte modelo estatístico:

$$C_{js,2002} = \alpha + \beta \cdot RTS_{js,1985} + \varepsilon \quad (9)$$

ou seja, verificamos se as indústrias mais intensas em tarefas rotineiras em 1985 utilizavam computadores em maior proporção em 2002, onde $C_{js,2002}^k$ representa a proporção de empregados em cada indústria j e ocupação s , que exerciam ocupações que necessitavam do uso de computadores em 2002, e $RTS_{js,1985}^l$ representa a proporção de tarefas rotineiras em cada indústria j e ocupação s , calculada a partir do número de empregados em cada ocupação s em 1985 e da proporção de tarefas rotineiras em cada ocupação s em 1994. Rodamos o modelo para 321 ocupações em 25 diferentes setores industriais, num total de 8025 observações. O resultado é apresentado na tabela 4:

Tabela 4: Uso de computadores em 2002 em função da demanda por tarefas rotineiras em 1985

	Uso de computadores em 2002	Uso de computadores em 2002 (Ponderado pelo valor adicionado por cada indústria)
Proporção de tarefas rotineiras na indústria em 1985	0,603*** (0,000)	0,260*** (0,000)
Intercepto	0,019 (0,496)	0,069*** (0,000)
R ²	0,519	0,213
Prob > F	0,000	0,000

Elaborado pelo autor: Regressão Robust com p-valor entre parênteses. A proporção de tarefas rotineiras foi calculada a partir da CBO 1994 e da RAIS de 1985. Proporção do uso de computadores a partir da CBO 2002 e RAIS 2002.

Nota: *, **, *** Níveis de significância de 10%, 5% e 1% respectivamente.

Número de observações: 8.025

Os resultados apresentados na tabela 4 evidenciam que o uso de computadores numa determinada indústria em 2002 estava positivamente relacionado à intensidade de tarefas rotineiras demandadas por tal indústria em 1985. Por exemplo, se compararmos duas indústrias, uma que demandava 10% a

^k $C_{js,2002} = 100 \times (\text{no. de empregados em ocupações } s \text{ que necessitam do uso de computadores}) / (\text{no. total de empregados na indústria } j) \text{ em } 2002.$

^l $RTS_{js,1985} = 100 \times (\text{quantidade de tarefas rotineiras cognitivas} + \text{quantidade de tarefas rotineiras manuais}) / (\text{quantidade total de tarefas}), \text{ em cada ocupação } s, \text{ vezes o número de empregados em cada ocupação } s \text{ e indústria } j, \text{ dividido pelo número total de empregados na indústria } j \text{ em } 1985.$

mais de atividades rotineiras em 1985, utilizava 6,03% a mais de computadores em 2002. Este resultado, embora menos intenso do que no caso norte-americano, com $\beta = 1,85$ de acordo com o trabalho de Autor, Levy e Murnane (2003), confirma a primeira proposição do modelo para o caso brasileiro.

A tabela 4 apresenta ainda os resultados da regressão do mesmo modelo estatístico apresentado na Equação (9), no qual ponderamos a regressão pelo valor adicionado por cada indústria na economia brasileira em 1985. Desta forma, os maiores setores da economia brasileira tiveram maior peso em tal análise. O resultado, embora menor ($\beta = 0,260$), também evidencia que as indústrias intensas em tarefas rotineiras em 1985 adotaram computadores em maior proporção que as demais após a queda de preços desta tecnologia, o que reforça os resultados apresentados anteriormente.

5.3 COMPUTADORES E A MUDANÇA NA DEMANDA POR ATIVIDADES

A segunda proposição derivada do modelo de Autor, Levy e Murnane (2003) afirma que as indústrias que mais investiram em capital computacional tiveram maior aumento na demanda por trabalhos não-rotineiros e maior redução na demanda por trabalhos rotineiros. Para verificarmos esta proposição no mercado brasileiro testamos o seguinte modelo estatístico:

$$\Delta T_{kjs,1985-2002} = \alpha_k + \beta_k \cdot C_{js,2002} + \varepsilon_k \quad (10)$$

onde $\Delta T_{kjs,1985-2002}^m$ é a variação proporcional na demanda pela tarefa k na indústria j e ocupação s entre 1985 e 2002, e $C_{js,2002}$ é a proporção de empregados

^m $\Delta T_{kjs,1985-2002} = \text{Diferença entre 2002 e 1985 de } 100 \times (\text{quantidade de tarefas k}) / (\text{quantidade total de tarefas}), \text{ em cada ocupação s, vezes o número de empregados em cada ocupação s e indústria j, dividido pelo número total de empregados na indústria j.}$

em ocupações s, que necessitavam do uso de computadores, na indústria j em 2002.

Os resultados são apresentados na Tabela 5:

Tabela 5: Efeito do uso de computadores na demanda por diferentes tipos de tarefas

	NA	NI	NRTS	RC	RM	RTS	NM
Uso de Computadores	0,435** (0,014)	0,024 (0,593)	0,459*** (0,006)	-0,065 (0,542)	-0,406** (0,031)	-0,471*** (0,003)	-0,001 (0,614)
Intercepto	-0,042* (0,079)	0,015*** (0,001)	-0,027 (0,226)	0,047*** (0,000)	0,003 (0,911)	0,050** (0,024)	-0,021*** (0,000)
R ²	0,573	0,006	0,501	0,012	0,318	0,299	0,000
Prob > F	0,014	0,593	0,006	0,542	0,031	0,003	0,614

Elaborado pelo autor: Regressão Robust com p-valor entre parênteses. A variação da proporção por cada tipo de atividade foi calculada a partir dos dados da CBO 1994 cruzados com a frequência ocupacional da RAIS de 1985, e a partir da CBO 2002 cruzados com a frequência ocupacional da RAIS de 2002. Proporção do uso de computadores a partir da CBO 2002 e RAIS 2002.

Nota 1: *, **, *** Níveis de significância de 10%, 5% e 1% respectivamente.

Nota 2: NA: Não Rotineiras Analíticas; NI: Não Rotineiras Interativas; NRTS: Não Rotineiras Cognitivas, ou seja: Não Rotineiras Analíticas e Interativas; RC: Rotineiras Cognitivas; RM: Rotineiras Manuais; RTS: Rotineiras, ou seja, Rotineiras Cognitivas e Manuais; NM: Não Rotineiras Manuais.

Número de observações: 8.025

Os testes apresentados na tabela 5 evidenciam uma relação positiva entre o uso de computadores nos diferentes setores industriais e a demanda por tarefas não rotineiras analíticas, e uma relação negativa entre o uso de computadores e a demanda por tarefas rotineiras manuais, conforme proposto por Autor, Levy e Murnane (2003). No entanto, os testes não foram significativos com relação às atividades não rotineiras interativas, rotineiras cognitivas e não rotineiras manuais.

Embora os testes para as tarefas não rotineiras interativas e para as tarefas rotineiras cognitivas não sejam significativos, o efeito geral nas tarefas não rotineiras é positivo e significativo ($\beta=0,459^{***}$), e o efeito geral nas atividades rotineiras é negativo e significativo ($\beta=-0,471^{***}$), conforme mostrado respectivamente nas colunas NRTS e RTS na tabela 5. Já que as proposições dizem respeito às mudanças na demanda por atividades rotineiras e não rotineiras como um todo, estes resultados confirmam a segunda proposição do modelo de Autor, Levy e Murnane (2003) que afirma que o efeito da difusão dos computadores no mercado

de trabalho foi o aumento da demanda por atividades não rotineiras e a redução da demanda por atividades rotineiras.

5.3.1 Diferença entre gêneros

A Tabela 6 nos mostra que durante o período de nossa análise houve um aumento na participação de mulheres no mercado brasileiro de 33,5% em 1985 para 40,6% em 2002. Observamos também que, proporcionalmente, as mulheres utilizam mais computadores que os homens, 67% contra 46%. Poderíamos então argumentar que o aumento na demanda por tarefas não rotineiras descrito acima pode ter sido causado apenas pela maior participação feminina no mercado, visto que as mulheres utilizam mais computadores e o uso de computadores complementa os trabalhos não rotineiros.

Por este motivo, analisaremos agora o impacto separadamente por gênero, e também um modelo estatístico alternativo no qual a taxa de crescimento na proporção de mulheres é incluída como variável explicativa. Tal análise tem por objetivo verificarmos se o uso de computadores propiciou o aumento na demanda por atividades não rotineiras ou se este aumento foi consequência do aumento da participação feminina. O modelo alternativo é apresentado na Equação 11:

$$\Delta T_{js,1985-2002} = \alpha_k + \beta_{1k} \cdot \Delta C_{j,2002} + \beta_{2k} * \Delta Prop_Fem_{js,1985-2002} + \varepsilon_k \quad (11)$$

Onde $\Delta Prop_Fem_{js,1985-2002}^n$ representa a taxa de crescimento na participação feminina na ocupação s e indústria j no período entre 1985 e 2002.

ⁿ $\Delta Prop_Fem_{js,1985-2002}$: Diferença entre 2002 e 1985 de 100 x (quantidade de mulheres na industria j e ocupação s) / (quantidade total de mulheres na industria j).

Tabela 6: Proporção de trabalhadores por gênero no mercado brasileiro

	% 1985	% 2002	% que usam Computador em 2002
Feminino	33,5	40,6	67,1
Masculino	66,5	59,4	45,6
Total			54,3

Fonte: RAIS 1985 e 2002; CBO 2002.

A Tabela 7 nos mostra os resultados dos testes, separadamente por gênero – Painel A: feminino, e Painel B: masculino. Como podemos notar, o efeito é similar para ambos os gêneros. Por exemplo, notamos que o uso de computadores aumentou a demanda por tarefas não rotineiras (NRTS) para ambos os gêneros: $\beta = 0,431$ para o sexo feminino e $\beta = 0,485$ para o sexo masculino. Também de forma similar, temos uma relação negativa entre o uso de computadores e a demanda por tarefas rotineiras (RTS): $\beta = -0,510$ para o sexo feminino, e $\beta = -0,463$ para o sexo masculino.

Quando analisamos o efeito separadamente em cada subtipo de atividades, de forma similar aos resultados apresentados na tabela 5, os testes foram significativos apenas para as tarefas não rotineiras analíticas, que tiveram aumento na demanda, e para as tarefas rotineiras manuais, que tiveram redução na demanda.

Estes resultados já são evidências de que o efeito dos computadores na demanda pelos diferentes tipos de atividades ocorreu de forma similar para ambos os gêneros. No entanto, complementamos esta análise verificando o efeito do aumento da proporção de mulheres na demanda por tarefas, a partir do modelo apresentado na Equação 11. Os resultados, apresentados no painel C da tabela 7, nos mostram que o aumento na proporção de mulheres resultou em aumento na demanda por atividades rotineiras ($\beta_{\text{Prop_Fem}} = 0,577^{***}$, na coluna RTS), e que os testes não foram significantes para as atividades não rotineiras.

Tabela 7: Variação da demanda por diferentes tipos de tarefas em função da adoção de computadores – Análise por Gênero

	NA	NI	NRTS	RC	RM	RTS
A - Computadores: Feminino	0,372** (0,020)	0,059 (0,268)	0,431*** (0,003)	-0,209 (0,116)	-0,302* (0,100)	-0,510*** (0,000)
Intercepto	-0,040 (0,115)	0,019*** (0,002)	-0,021 (0,348)	0,048*** (0,010)	0,007 (0,818)	0,055*** (0,007)
R ²	0,529	0,028	0,489	0,092	0,194	0,336
Prob > F	0,020	0,268	0,003	0,116	0,102	0,000
B - Computadores: Masculino	0,436** (0,013)	0,049 (0,288)	0,485*** (0,002)	-0,042 (0,650)	-0,421** (0,024)	-0,463*** (0,004)
Intercepto	-0,039* (0,073)	0,010** (0,029)	-0,029 (0,129)	0,050*** (0,000)	-0,003 (0,889)	0,047** (0,027)
R ²	0,564	0,026	0,543	0,005	0,315	0,276
Prob > F	0,013	0,288	0,002	0,650	0,024	0,004
C - Computadores:	0,437** (0,013)	0,026 (0,546)	0,463*** (0,005)	-0,040 (0,627)	-0,392** (0,049)	-0,432** (0,014)
Δ Prop_Fem	0,035 (0,473)	0,028 (0,626)	0,063 (0,241)	0,372*** (0,001)	0,205* (0,079)	0,577*** (0,000)
Intercepto	-0,042* (0,078)	0,015*** (0,001)	-0,027 (0,215)	0,043*** (0,000)	0,001 (0,979)	0,044* (0,071)
R ²	0,575	0,009	0,504	0,175	0,351	0,483
Prob > F	0,031	0,219	0,020	0,001	0,025	0,000

Elaborado pelo autor: Regressão Robust com p-valor entre parênteses. A variação da proporção por cada tipo de atividade foi calculada a partir dos dados da CBO 1994 cruzados com a frequência ocupacional da RAIS de 1985, e da CBO 2002 cruzados com a frequência ocupacional da RAIS de 2002. Proporção do uso de computadores a partir da CBO 2002 e RAIS 2002. Diferença na proporção de mulheres calculada a partir da RAIS de 1985 e 2002.

Nota1: *, **, *** Níveis de significância de 10%, 5% e 1% respectivamente.

Nota2: NA: Não Rotineiras Analíticas; NI: Não Rotineiras Interativas; NRTS: Não Rotineiras Cognitivas, ou seja: Não Rotineiras Analíticas e Interativas; RC: Rotineiras Cognitivas; RM: Rotineiras Manuais; RTS: Rotineiras, ou seja, Rotineiras Cognitivas e Manuais; NM: Não Rotineiras Manuais.

Número de observações: 8.025

O fato de termos uma relação positiva entre a proporção de mulheres no mercado brasileiro e a demanda por atividades rotineiras reforça a hipótese de substituição das atividades rotineiras pelos computadores, visto que o aumento na participação feminina causou justamente o oposto. Ou seja, enquanto o uso de computadores contribuiu para a redução das atividades rotineiras, a participação de mulheres no mercado contribuiu para o aumento destas atividades.

5.3.2 Diferença por grau de instrução

No período utilizado para análise, também observamos o aumento na escolaridade dos trabalhadores brasileiros, principalmente no grupo com nível médio

de instrução, que cresceu de 19% para 32%, como mostrado na Tabela 8. No entanto, apesar deste crescimento, o grau de escolaridade médio dos trabalhadores brasileiros ainda é inferior ao dos países desenvolvidos nos quais este modelo foi testado anteriormente. Por exemplo, em 1999 16% dos trabalhadores alemães possuíam nível superior e 71% nível médio (SPITZ-OENER, 2003), contra 13% com nível superior e apenas 32% com nível médio no Brasil em 2002.

Tabela 8: Proporção de trabalhadores de acordo com o grau de instrução

Grau de Instrução	% 1985	% 2002	% que usam Computador em 2002
Fundamental Incompleto	51,44	29,79	27,64
Fundamental	19,13	25,36	46,18
Médio	19,48	32,05	72,78
Superior	9,95	12,80	86,15
Total			54,30

Fonte: RAIS 1985 e 2002; CBO 2002.

Outro fato a se observar é que está de acordo com os modelos da SBTC, é que o uso de computadores cresce com o aumento do grau de instrução (Tabela 8). Assim sendo, testamos o modelo separadamente para cada grupo de graus de instrução a fim de verificarmos se o impacto da introdução dos computadores ocorreu em todos os grupos educacionais ou apenas nos grupos de trabalhadores mais instruídos, como proposto nos modelos da SBTC.

Como podemos observar na Tabela 9, há uma relação positiva entre o uso de computadores em 2002 e o aumento da demanda por tarefas não rotineiras (NRTS e NA), independente do grau de instrução dos trabalhadores. No entanto, seguindo a tendência apresentada anteriormente, os resultados dos testes não foram significativos para as tarefas não rotineiras interativas (NI) em nenhum dos grupos educacionais.

Um fato que nos chamou a atenção foi que impacto da introdução dos computadores na demanda por tarefas não rotineiras foi maior nos grupos com menor grau de instrução: coeficiente igual a 0,557 para os trabalhadores com ensino fundamental incompleto, 0,473 para os trabalhadores com ensino fundamental completo, 0,320 para os trabalhadores com ensino médio, e apenas 0,141 para os trabalhadores com ensino superior. Ainda, os testes são mais significativos para os grupos com menor grau de instrução, como podemos observar a partir da estatística F.

Uma explicação para este fato é que os grupos com maior grau de instrução representam uma parcela pequena do mercado brasileiro (Tabela 8) e, desta forma, provavelmente já estavam alocados predominantemente em trabalhos não rotineiros antes da introdução dos computadores. Suponha por exemplo, que antes da introdução dos computadores um gerente delegasse a um subordinado a parte rotineira de suas atividades, como a busca de informações para apoiá-los na tomada de decisões. Com a difusão dos computadores, os gerentes substituíram alguns de seus subordinados e buscam tais informações diretamente utilizando computadores. No entanto, os gerentes não alteraram suas atividades em si, ou seja, continuam concentrando-se na tomada de decisões. Este resultado é similar aos encontrados por Autor, Levy e Murnane (2003).

Com relação às tarefas rotineiras (RTS), observamos que o uso de computadores está relacionado à redução na demanda por este tipo de atividade em todos os grupos educacionais, embora o resultado não seja significativo para o grupo com ensino superior completo ($\text{Prob} > F = 0,778$). De forma similar às tarefas não rotineiras, o impacto dos computadores na demanda por atividades rotineira também foi mais intenso nos grupos com menor grau de instrução: -0,469 para os

trabalhadores com ensino fundamental incompleto, - 0,481 para os trabalhadores com ensino fundamental, -0,366 para os trabalhadores com ensino médio, e -0,022 para os trabalhadores com grau superior de ensino.

Olhando agora para os subtipos de tarefas, de uma forma geral, os resultados dos testes foram significantes para as tarefas rotineiras manuais e não significantes para as tarefas rotineiras cognitivas. A exceção foi o grupo com ensino médio, onde a situação se inverte.

Tabela 9: Variação da demanda por diferentes tipos de tarefas em função da adoção de computadores – Análise por Grau de Instrução

	NA	NI	NRTS	RC	RM	RTS
A - Computadores: Fundamental Inc.	0,496*** (0,006)	0,061 (0,138)	0,557*** (0,000)	0,034 (0,513)	-0,503*** (0,001)	-0,469*** (0,007)
Intercepto	-0,025* (0,073)	0,013*** (0,000)	-0,012 (0,292)	0,064*** (0,000)	-0,025* (0,083)	0,039** (0,042)
R ²	0,622	0,095	0,678	0,002	0,338	0,158
Prob > F	0,006	0,138	0,000	0,513	0,001	0,007
B - Computadores: Fundamental	0,429** (0,021)	0,043 (0,184)	0,473*** (0,005)	-0,094 (0,352)	-0,387*** (0,006)	-0,481*** (0,000)
Intercepto	-0,035* (0,084)	0,011*** (0,001)	-0,024 (0,193)	0,026** (0,023)	0,015 (0,330)	0,041*** (0,005)
R ²	0,539	0,029	0,522	0,012	0,373	0,218
Prob > F	0,021	0,184	0,005	0,352	0,006	0,000
C - Computadores: Médio	0,298** (0,028)	0,022 (0,763)	0,320** (0,027)	-0,285** (0,043)	-0,081 (0,403)	-0,366*** (0,000)
Intercepto	-0,043* (0,069)	0,004 (0,687)	0,039 (0,106)	0,028 (0,175)	0,022 (0,193)	0,050*** (0,000)
R ²	0,419	0,002	0,251	0,107	0,049	0,179
Prob > F	0,028	0,763	0,027	0,043	0,403	0,000
D - Computadores: Superior	0,085* (0,055)	0,057 (0,474)	0,141** (0,037)	-0,067 (0,461)	0,045** (0,027)	-0,022 (0,778)
Intercepto	-0,028*** (0,003)	-0,003 (0,837)	-0,031** (0,027)	0,027 (0,191)	-0,026*** (0,000)	0,001 (0,954)
R ²	0,054	0,013	0,070	0,024	0,033	0,002
Prob > F	0,055	0,474	0,037	0,461	0,027	0,778

Elaborado pelo autor: Regressão Robust com p-valor entre parênteses. A variação da proporção por cada tipo de atividade foi calculada a partir dos dados da CBO 1994 cruzados com a frequência ocupacional da RAIS de 1985 separada por grau de instrução, e da CBO 2002 cruzados com a frequência ocupacional da RAIS de 2002 separada por grau de instrução. Proporção do uso de computadores a partir da CBO 2002 e RAIS 2002.

Nota1: *, **, *** Níveis de significância de 10%, 5% e 1% respectivamente.

Nota2: NA: Não Rotineiras Analíticas; NI: Não Rotineiras Interativas; NRTS: Não Rotineiras Cognitivas, ou seja: Não Rotineiras Analíticas e Interativas; RC: Rotineiras Cognitivas; RM: Rotineiras Manuais; RTS: Rotineiras, ou seja, Rotineiras Cognitivas e Manuais; NM: Não Rotineiras Manuais.

Número de observações: 8.025

Notamos ainda a relação positiva entre o uso de computadores e a demanda por atividades rotineiras manuais no grupo de trabalhadores com ensino superior, ao contrário do que poderíamos inferir. Como o coeficiente beta desta relação é pequeno ($\beta = 0,045$), uma possível explicação é que este grupo praticamente não exercia atividades rotineiras manuais antes da introdução dos computadores, e uma pequena variação nas descrições ocupacionais da CBO pode ter causado este resultado.

A análise das variações na demanda por tarefas, separadamente por grupos de graus de instrução, nos mostra que a mudança ocorreu em todos os grupos educacionais, e não viesada em favor dos grupos com maior grau de instrução como proposto nos trabalhos da SBTC. Este fato reforça a adequação do modelo de Autor, Levy e Murnane (2003) ao explicar o impacto dos computadores na demanda por tarefas no mercado brasileiro.

5.3.3 O impacto das reformas estruturais no mercado brasileiro

A economia brasileira sofreu algumas alterações estruturais nas últimas décadas que afetaram a estrutura e o desempenho do mercado de trabalho, como a abertura da economia ao comércio internacional e a redução da presença do Estado na economia (NERI, CAMARGO E REIS, 2000; RAMOS, 2007; GONZAGA, MENEZES-FILHO E TERRA, 2006). Por conseguinte, o processo de reestruturação e enxugamento da indústria brasileira em busca de ganhos de produtividade, em resposta ao processo de abertura econômica (RAMOS, 2007).

A liberalização do comércio internacional ocorrida entre 1988 e 1995 é um fator importante nesta análise. Em consequência deste processo, houve uma migração do emprego de setores intensos em mão de obra qualificada, que eram

pouco competitivos quando comparados ao mercado internacional, para setores intensos em mão de obra pouco qualificada (GONZAGA, MENEZES-FILHO, TERRA, 2006). Como a mão de obra pouco qualificada normalmente está associada a trabalhos rotineiros, esta mudança pode ter alterado a demanda por tarefas rotineiras e confundir nossa análise do efeito da difusão dos computadores no mercado.

Numa tentativa de isolarmos o efeito destas mudanças estruturais ocorridas no mercado brasileiro até a primeira metade da década de 90, analisaremos a seguir a segunda proposição de Autor, Levy e Murnane (2003) mensurando apenas as mudanças ocorridas entre 1994, após as reformas, e 2002.

A Tabela 10 mostra os resultados para cada um dos tipos de atividades. Em primeiro lugar, notamos que as mudanças ocorridas entre 1994 e 2002 seguiram os mesmos padrões do período de 1985 a 2002, no qual tivemos uma relação positiva entre o uso de computadores e a demanda por atividades não rotineiras ($\beta = 0,460$), e uma relação inversa com a demanda por tarefas rotineiras ($\beta = -0,470$), conforme previsto no modelo de Autor, Levy e Murnane (2003).

Outro ponto a se observar, é a intensidade das mudanças. Por exemplo, o coeficiente β para a variação na demanda por atividades não rotineiras analíticas em função do uso de computadores é igual a 0,435 para o período entre 1985 e 2002 e 0,433 para o período entre 1994 e 2002. De forma similar, o coeficiente das atividades não rotineiras analíticas (NRTS), foi 0,459 no período 1985 e 2002 e 0,460 no período 1994 e 2002. Já com relação às atividades rotineiras manuais, temos $\beta_{1985-2002} = -0,406$ e $\beta_{1994-2002} = -0,436$; e para as atividades rotineiras (RTS), temos $\beta_{1985-2002} = -0,471$ e $\beta_{1994-2002} = -0,470$. Estes dados nos sugerem que a maior parte das mudanças no mercado brasileiro, ocorreram no período pós-reformas

econômicas, a se destacar, após o fim da reserva do mercado de informática em 1992 e a conseqüente queda nos preços dos computadores. Estes fatos corroboram o poder do modelo de Autor, Levy e Murnane (2003) em explicar as alterações na demanda por diferentes tipos de tarefas no mercado de trabalho brasileiro.

Tabela 10: Variação da demanda por diferentes tipos de tarefas em função da adoção de computadores – Diferença 1994 e 2002

	NA	NI	NRTS	RC	RM	RTS
Uso de Computadores	0,433** (0,014)	0,027 (0,549)	0,460*** (0,006)	-0,034 (0,679)	-0,436** (0,023)	-0,470*** (0,006)
Intercepto	-0,043* (0,074)	0,013*** (0,004)	-0,029 (0,186)	0,044*** (0,000)	0,013 (0,628)	0,057** (0,016)
R ²	0,569	0,008	0,509	0,004	0,371	0,373
Prob > F	0,015	0,549	0,006	0,679	0,023	0,006

Elaborado pelo autor: Regressão Robust com p-valor entre parênteses. A variação da proporção por cada tipo de atividade foi calculada a partir dos dados da CBO 1994, ponderados pela frequência ocupacional da RAIS de 1994 e da CBO 2002, ponderados pela RAIS de 2002. Uso de computadores a partir da CBO 2002, ponderado pela RAIS 2002.

Nota1: *, **, *** Níveis de significância de 10%, 5% e 1% respectivamente.

Nota2: NA: Não Rotineiras Analíticas; NI: Não Rotineiras Interativas; NRTS: Não Rotineiras Cognitivas, ou seja: Não Rotineiras Analíticas e Interativas; RC: Rotineiras Cognitivas; RM: Rotineiras Manuais; RTS: Rotineiras, ou seja, Rotineiras Cognitivas e Manuais; NM: Não Rotineiras Manuais.

Número de observações: 8.025

5.4 CONTROLE DE HETEROGENEIDADES INVARIANTES NO TEMPO

Nos testes apresentados nas seções 5.2 e 5.3 verificamos o impacto da introdução dos computados ao nível de setores industriais. Ao invés de utilizarmos dados diretos ao nível destes setores, utilizamos dados desagregados de ocupações heterogêneas para mensurar a variação na demanda por diferentes tarefas nos diferentes setores industriais. Para controlarmos os efeitos destas heterogeneidades invariantes no tempo, testamos também as proposições 1 e 2 do modelo de Autor, Levy e Murnane (2003) utilizando uma regressão do tipo *panel data*, fixando os efeitos por indústria e ocupação.

Apresentamos na tabela 11 os resultados do teste da primeira proposição, onde testamos o modelo estatístico conforme a Equação 9. O resultado evidencia uma relação positiva ($\beta = 0,604$) entre a intensidade de tarefas rotineiras

demandadas por uma indústria antes da difusão dos computadores e adoção desta tecnologia após a queda dos preços. Como podemos observar, estes resultados são bastante similares aos apresentados na tabela 4 e reforçam a primeira hipótese de Autor, Levy e Murnane (2003) que propõem que as indústrias intensas em tarefas rotineiras antes da queda dos preços dos computadores adquiriram esta tecnologia em maior proporção que as demais.

Tabela 11: Uso de computadores em 2002 em função da demanda por tarefas rotineiras em 1985 (Panel Data: Indústria x Ocupações)

	Uso de computadores em 2002 (Panel Data Indústria x Ocupação)
Proporção de tarefas rotineiras na indústria em 1985	0,604*** (0,000)
Intercepto	0,018 (0,501)
R ²	0,519
Prob > F	0,000

Elaborado pelo autor: Regressão Panel Data com p-valor entre parênteses. Proporção de tarefas rotineiras calculada a partir da CBO 1994 e RAIS de 1985.

Proporção do uso de computadores a partir da CBO 2002 e RAIS 2002.

Nota: *, **, *** Níveis de significância de 10%, 5% e 1% respectivamente.

Número de observações: 8.025

Realizamos também o mesmo teste de robustez com a segunda proposição de Autor Levy e Murnane (2003). Testamos o modelo apresentado na Equação 10 e, conforme podemos observar a partir da tabela 12, os resultados foram similares aos apresentados na tabela 5. Encontramos evidências de que a difusão dos computadores foi responsável pelo aumento da demanda por atividades não rotineiras - em especial, as atividades não rotineiras analíticas -, e pela redução da demanda por atividades rotineiras – principalmente tarefas rotineiras manuais.

Tabela 12: Efeito do uso de computadores na demanda por diferentes tipos de tarefas (Panel Data: Indústria x Ocupação)

	NA	NI	NRTS	RC	RM	RTS	NM
Uso de Computadores	0,435** (0,013)	0,025 (0,587)	0,460*** (0,006)	-0,064 (0,544)	-0,407** (0,030)	-0,472*** (0,002)	-0,001 (0,627)
Intercepto	-0,042* (0,077)	0,015*** (0,001)	-0,027 (0,223)	0,047*** (0,000)	0,003 (0,904)	0,502** 0,024	-0,021*** (0,000)
R ²	0,573	0,006	0,501	0,012	0,318	0,299	0,000
Prob > F	0,013	0,587	0,006	0,545	0,030	0,003	0,627

Elaborado pelo autor: Regressão *Panel Data* Indústria x Ocupação, *robust, fixed effects*. P-valor entre parênteses. A variação da proporção por cada tipo de atividade foi calculada a partir dos dados da CBO 1994 cruzados com a frequência ocupacional da RAIS de 1985, e da CBO 2002 cruzados com a frequência ocupacional da RAIS de 2002. Proporção do uso de computadores a partir da CBO 2002 e RAIS 2002.

Nota1: *, **, *** Níveis de significância de 10%, 5% e 1% respectivamente.

Nota2: NA: Não Rotineiras Analíticas; NI: Não Rotineiras Interativas; NRTS: Não Rotineiras Cognitivas, ou seja: Não Rotineiras Analíticas e Interativas; RC: Rotineiras Cognitivas; RM: Rotineiras Manuais; RTS: Rotineiras, ou seja, Rotineiras Cognitivas e Manuais; NM: Não Rotineiras Manuais.

Número de observações: 8.025

Estes resultados, somados aos apresentados nas seções 5.2 e 5.3, mostram a robustez do modelo proposto por Autor, Levy e Murnane ao explicar as mudanças na demanda por diferentes tipos de tarefas no mercado brasileiro causado pela difusão dos computadores. Em substituindo o trabalho humano em atividades rotineiras, esta tecnologia causou a redução na demanda por este tipo de atividade e aumentou a demanda por trabalhos não rotineiros que utilizam esta tecnologia para obter ganhos de produtividade.

5.5 IMPACTO NAS OCUPAÇÕES

Nesta seção analisamos a terceira proposição derivada do modelo de Autor, Levy e Murnane (2003). Os autores afirmam que as ocupações que receberam maiores investimentos computacionais passaram a demandar proporcionalmente mais tarefas não-rotineiras e menos tarefas rotineiras. Entendemos que a introdução dos computadores pode ter alterado a demanda por diferentes tarefas de duas formas distintas: alterando o conteúdo das ocupações exercidas no mercado; ou alterando a alocação de trabalhadores entre diferentes ocupações.

A Tabela 13 nos permite analisar as mudanças ocorridas no conteúdo das atividades exercidas pelos trabalhadores em suas ocupações, mostrando a proporção de cada tipo de tarefa nas ocupações de acordo com a CBO de 1994 e 2002. Observamos que, durante este período, houve um aumento proporcional na demanda por tarefas não rotineiras analíticas, de 14,57% em 1994, para 18,17% em 2002. Quando consideramos a proporção de tarefas ponderadas pelo número de trabalhadores em cada ocupação no mesmo período, o resultado também foi similar, com aumento de 6,95% para 13,94%. Com relação às tarefas não rotineiras interativas, também observamos o aumento na proporção destas atividades, de 18,06% em 1994 para 19,25% em 2002, e de 17,21% em 1994 para 21,73% em 2002 quando consideramos o número de trabalhadores alocados em cada ocupação. Em ambos os casos, os resultados estão de acordo com as proposições do modelo.

Também de acordo com o modelo, podemos observar uma queda na demanda por tarefas rotineiras manuais, de 42,78% em 1994 para 29,63% em 2002, quando consideramos apenas as mudanças no conteúdo das atividades; e de 39,75% para 23,44%, quando também consideramos a frequência ocupacional. No entanto, percebemos também um aumento na proporção de tarefas rotineiras cognitivas, de 18,54% para 30,67%, e de 25,39% para 38,71% quando ponderado pelo número de trabalhadores em cada ocupação. Ainda, nota-se a redução na demanda por tarefas não rotineiras manuais, de 6,04% para 2,27%, quando considerado apenas as mudanças no conteúdo das ocupação, e de 10,29% para 2,19% quando consideramos também a variação da alocação de trabalhadores em cada ocupação durante este período.

Tabela 13: Percentual de cada tipo de tarefa no mercado brasileiro

	NA	NI	RC	RM	NM
% CBO1994	14,57	18,06	18,54	42,78	6,04
% CBO1994 ponderado pela frequência em 1985	6,95	17,21	25,39	39,75	10,69
% CBO2002	18,17	19,25	30,67	29,63	2,27
% CBO2002 ponderado pela frequência em 2002	13,94	21,73	38,71	23,44	2,19
Diferença % CBO2002 x CBO1994	3,60	1,19	12,13	-13,15	-3,77
Diferença % CBO2002 x CBO1994 ponderada pela frequência	6,99	4,51	13,32	-16,32	-8,50

Fonte: elaborado pelo autor. Dados: CBO 1994 e 2002; RAIS 1985 e 2002.

Por outro lado, a mudança na demanda por diferentes atividades no mercado de trabalho pode ser oriunda das mudanças na alocação de recursos entre diferentes ocupações, ou seja, aumentando proporcionalmente o emprego em ocupações intensas em atividades não rotineiras e reduzindo o emprego em ocupações intensas em atividades rotineiras.

O Gráfico 1 apresenta a distribuição das tarefas ao longo dos anos, mantendo-se fixa a proporção de tarefas em cada ocupação de acordo com a CBO de 1994, e variando a frequência ocupacional segundo a RAIS de 1985 até 2002.

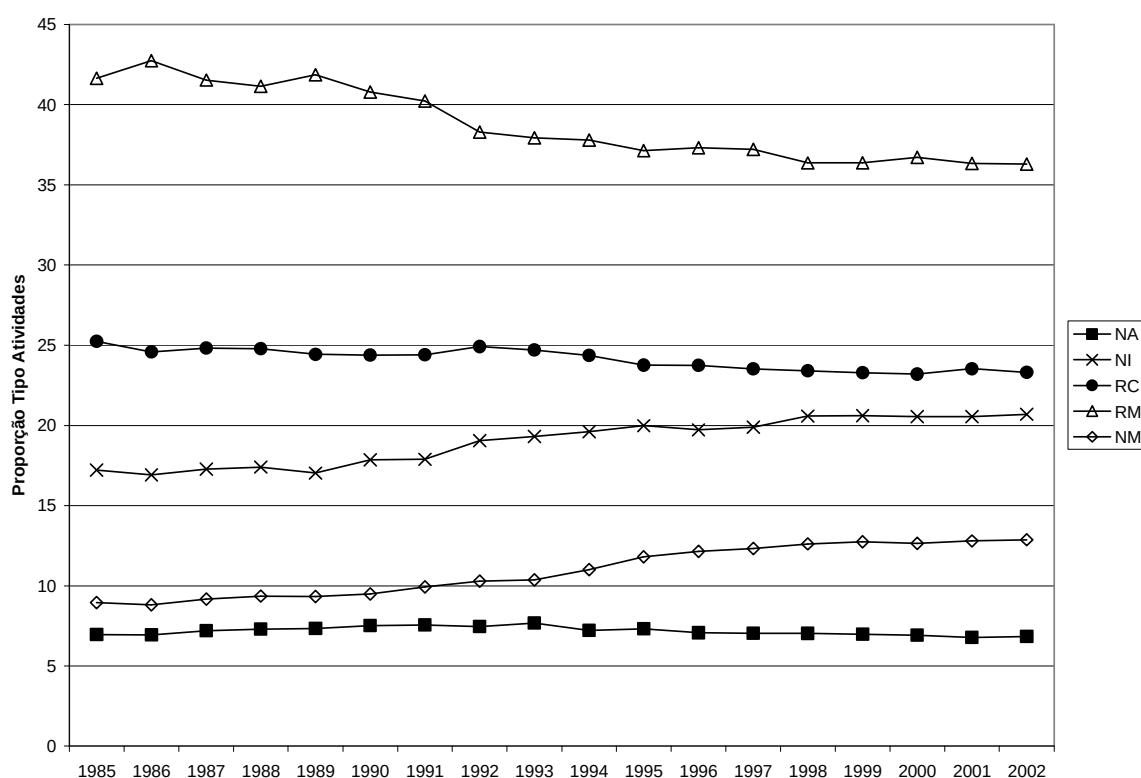


Gráfico 1: Evolução da proporção de cada tipo atividade no mercado de trabalho brasileiro.

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados: RAIS 1985 à 2002; CBO 1994.

Nota: NA: Não Rotineiras Analíticas; NI: Não Rotineiras Interativas; RC: Rotineiras Cognitivas; RM: Rotineiras Manuais.

Com base no Gráfico 1 nota-se a queda na proporção de atividades rotineiras manuais e o aumento na proporção de tarefas não rotineiras interativas, como também apresentado na Tabela 13. Em oposição ao apresentado na Tabela 13, o gráfico apresenta uma queda na proporção de atividades rotineiras cognitivas e aumento na proporção de atividades não rotineiras manuais.

No que se refere às atividades não rotineiras analíticas percebemos certa estabilidade. Como o conteúdo das tarefas exercidas dentro das ocupações é significativamente favorável às atividades não rotineiras analíticas (Tabela 13), induz-se que as mudanças com relação a este tipo de tarefa concentrou-se internamente no conteúdo das atividades exercidas nas ocupações e não na realocação de trabalhadores entre diferentes ocupações.

Analizamos agora o impacto conjunto das mudanças no conteúdo das atividades e na alocação de recursos entre diferentes ocupações. Para tal, testamos o seguinte modelo estatístico:

$$\Delta T_{ks,1985-2002} = \alpha_k + \beta_k \cdot \Delta C_{s,2002} + \varepsilon_k \quad (12)$$

Onde $\Delta T_{ks,1985-2002}$ é a diferença na proporção de cada tipo de atividade por ocupação, cruzando-se as proporções de cada tipo de atividade da CBO de 1994 com a frequência ocupacional da RAIS de 1985 e as proporções de cada tipo de atividade da CBO de 2002 com a frequência ocupacional da RAIS de 2002. Já o termo $\Delta C_{s,2002}$, é uma variável binária representando o uso ou não de computadores na ocupação de acordo com a CBO de 2002. Neste caso, ponderamos a regressão pelo número de trabalhadores em cada ocupação segundo a RAIS de 1985 para captarmos o impacto de cada ocupação no mercado com um todo^o.

Os resultados dos testes da terceira proposição de Autor, Levy e Murnane (2003) são apresentados na Tabela 14. Vemos que o uso de computadores está diretamente relacionado ao aumento na demanda por tarefas não rotineiras analíticas e interativas nas ocupações. Já com relação às tarefas rotineiras, o efeito foi divergente: redução na demanda por atividades rotineiras cognitivas, conforme o previsto no modelo, mas também um aumento na demanda por tarefas rotineiras manuais, contrariando o esperado. O teste geral para as tarefas rotineiras (RTS) não foi significativo.

O destaque aqui, no entanto, é o impacto dos computadores contribuindo para o aumento da demanda por tarefas não rotineiras manuais nas ocupações ($\beta = 0,478$). Este resultado soma-se então aos apresentados por Goos e Manning (2007)

^o A regressão também foi ponderada pelo número de trabalhadores em cada ocupação segundo a RAIS de 2002 e obtivemos resultados similares.

no mercado britânico, que evidenciou a relação dos computadores com o aumento da demanda por ocupações intensas em atividades não rotineiras manuais. Ainda que este fosse o resultado que poderíamos esperar a partir do modelo, os testes relativos às atividades não rotineiras manuais não foram significativos em nossa análise da variação da demanda por este tipo de atividade nos setores industriais. Da mesma forma, tais testes não foram significantes nos trabalhos de Autor, Levy e Murnane (2003) e Spitz-Oener (2006).

Embora o efeito dos computadores seja positivo na demanda por atividades rotineiras manuais, este resultado foi compensado pela forte redução na demanda por atividades rotineiras cognitivas. Desta forma, constatamos que as mudanças na demanda por atividades ocorridas no mercado brasileiro estão em conformidade com a terceira proposição de Autor, Levy e Murnane (2003).

Tabela 14: Efeito do uso de computadores na demanda pelos diferentes tipos de tarefas.

	NA	NI	NRTS	RC	RM	RTS	NM
Uso de Computadores	0,264*** (0,000)	0,003*** (0,000)	0,267*** (0,000)	-1,404*** (0,000)	0,857*** (0,000)	-0,547 (0,000)	0,478*** (0,000)
Intercepto	0,017*** (0,000)	0,096*** (0,000)	0,113*** (0,000)	0,791*** (0,000)	-0,889*** (0,000)	-0,097 (0,000)	-0,502*** (0,000)
R ²	0,110	0,000	0,028	0,094	0,067	0,012	0,080
Prob > F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elaborado pelo autor: Regressão Robust com p-valor entre parênteses. Dados oriundos da CBO 1994 x RAIS 1985 e CBO 2002 x RAIS2002. A regressão foi ponderada pela frequência ocupacional segundo a RAIS de 1985.

Nota1: *, **, *** Níveis de significância de 10%, 5% e 1% respectivamente.

Nota2: NA: Não Rotineiras Analíticas; NI: Não Rotineiras Interativas; NRTS: Não Rotineiras Cognitivas, ou seja: Não Rotineiras Analíticas e Interativas; RC: Rotineiras Cognitivas; RM: Rotineiras Manuais; RTS: Rotineiras, ou seja, Rotineiras Cognitivas e Manuais; NM: Não Rotineiras Manuais.

N=18.631.591

6. CONCLUSÕES

Este trabalho verificou a capacidade do modelo proposto por Autor, Levy e Murnane (2003) em explicar o efeito da difusão dos computadores, impulsionado pela queda dos preços desta tecnologia, na demanda por diferentes tipos de atividades no mercado de trabalho brasileiro. O modelo propõe que a difusão dos computadores reduziu a demanda por atividades rotineiras, que foram parcialmente substituídas, e aumentou a demanda por atividades não rotineiras, que foram complementadas pelo uso desta tecnologia.

Utilizamos as descrições ocupacionais da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) para mensurarmos a proporção de cada tipo de atividade exercida pelos trabalhadores em suas ocupações e para verificarmos quais ocupações necessitavam de computadores para seu exercício em 2002. Utilizamos também a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) para medirmos o número de trabalhadores em cada ocupação, de acordo com o setor industrial nos quais estes estavam alocados, o gênero, e o grau de instrução destes trabalhadores.

Encontramos que os setores industriais que eram mais intensos em atividades rotineiras em 1985, antes da queda dos preços dos computadores, utilizavam proporcionalmente mais computadores em 2002 que os setores industriais que não eram intensos neste tipo de atividade. Além disso, os setores industriais que mais utilizavam computadores em 2002 tiveram maior aumento na demanda por trabalhos não rotineiros e maior redução na demanda por trabalhos rotineiros durante o período de 1985 a 2002, independente do gênero ou do grau de instrução dos trabalhadores destes setores.

Ainda, as ocupações que necessitavam do uso de computadores para seu exercício em 2002 tiveram maior aumento na demanda por trabalhos não rotineiros e maior redução na demanda por trabalhos rotineiros durante o período de 1985 a 2002. Destacamos aqui o aumento na demanda por atividades não rotineiras manuais que foi previsto no modelo de Autor, Levy e Murnane (2003), mas não foi evidenciado pelos mesmos no mercado norte-americano.

Embora nossos resultados evidenciem a capacidade do modelo em explicar as mudanças ocorridas no mercado brasileiro em resposta à disseminação dos computadores, entendemos que estes resultados são, de certa forma, enfraquecidos por algumas limitações em nossa base de dados. Primeiramente, a CBO é a referência oficial para classificação das ocupações no mercado de trabalho brasileiro e foi elaborada seguindo os critérios internacionais e com a participação dos empregados que, de fato, exercem tais ocupações no mercado brasileiro (CBO, 2002). No entanto, devido ao número limitado de trabalhadores que participaram destas descrições ocupacionais (cerca de 20 em cada ocupação), entendemos que ela pode não representar exatamente o que os empregados realizam no mercado como um todo, sendo assim, uma aproximação.

Também notamos uma limitação em nossa mensuração dos investimentos em tecnologia, ou mesmo do uso de computadores no mercado brasileiro. Como descrito nas seções anteriores, mensuramos o uso de computadores a partir das ocupações que necessitam deste recurso de acordo com a CBO, e considerando que todos os trabalhadores que exercem tais ocupações necessariamente utilizam computadores. Os futuros trabalhos que venham a analisar as mudanças na demanda por atividades em função da difusão dos computadores no mercado brasileiro poderiam utilizar fontes de dados que mensurem diretamente no ambiente

de trabalho quais os trabalhadores que usam ou não computadores. Outra possibilidade, seria a mensuração dos investimentos em tecnologia realizados pelas empresas que atuam nos diferentes setores industriais ao longo do período da análise.

Por último, esta pesquisa analisa apenas as mudanças ocorridas no segmento formal do mercado brasileiro uma vez que utilizamos os dados da RAIS. Como sabemos que o segmento informal do mercado de trabalho brasileiro representa cerca de 50% deste mercado (RAMOS, 2007), sugerimos que tal análise também seja realizada neste setor, a fim de verificarmos suas possíveis diferenças.

Como uma possível extensão deste trabalho, sugerimos que seja verificado o impacto das mudanças descritas acima na polarização do mercado de trabalho entre postos muito bem ou muito mal remunerados, e a conseqüente redução do emprego em posições intermediárias, como foi evidenciado por Goos e Manning (2007) no mercado britânico.

Apesar das limitações descritas acima, o presente trabalho relata o aumento na demanda por atividades não rotineiras em função da adoção de computadores no mercado brasileiro, confirmando as proposições de Autor, Levy e Murnane (2003).

7. REFERÊNCIAS

AUTOR, David H.; LEVY, Frank; MURNANE, Richard J. The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. **Quarterly Journal of Economics**, v. 118, p. 1279–1333, 2003.

_____; KATZ, Lawrence F.; KEARNEY, Melissa S. The Polarization of the U.S. Labor Market. **American Economic Review**, v. 96, n. 2, p. 189-194, 2006.

_____; _____; and KRUEGER, Alan B. Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market? **Quarterly Journal of Economics**, v. 113, p. 1169-1214, 1998.

BARTEL, Ann P.; LICHTENBERG, Frank. The comparative advantage of educated workers in implementing new technology. **Review of Economics and Statistics**, v. 49, p. 1-11, 1987.

BERMAN, Eli; BOUND John; GRILICHES, Zvi. Changes in the Demand for Skilled Labor within U.S. Manufacturing: Evidence from the Annual Survey of Manufactures. **Quarterly Journal of Economics**, v. 109, p. 367–397, 1994.

_____; _____; MACHIN, Stephen. Implications of Skill-Biased Technological Change: International Evidence. **Quarterly Journal of Economics** v. 112, p. 1245–1279, 1998.

BRESNAHAN, Timothy F.; BRYNJOLFSSON, Erik; HITT, Lorin M. Information Technology, Workplace Organization and the Demand for Skilled Labor: Firm Level Evidence. **Quarterly Journal of Economics**, v. 117, p. 339-376, 2002.

BOTELHO, Antonio Jose Junqueira; DEDRICK, Jason; KRAEMER, Kenneth L.; TIGRE, Paulo Bastos. From Industry Protection to Industry Promotion: IT Policy in Brazil. UC Irvine: Center for Research on Information Technology and Organizations, 1999.

CARD, David; DINARDO, John E. Skill-Biased Technological Change and Rising Wage Inequality: Some Problems and Puzzles. **Journal of Labor Economics**, v. 20, p. 733-783, 2002.

DOMS, Mark; DUNNE, Timothy; TROSKE, Kenneth R. Workers, wages and technology. **Quarterly Journal of Economics**, v. 112, p. 253-290, 1997.

GOLDIN, Claudia; KATZ, Lawrence F. Technology, Skill, and the Wage Structure: Insights from the Past. **The American Economic Review**, v. 86, n. 2, p. 252-257, 1996.

_____; _____. The Origins of Technology-Skill Complementarity. **Quarterly Journal of Economics**, v. 113, p. 693-732, 1998.

GONZAGA, Gustavo; MENEZES-FILHO, Naercio; TERRA, Cristina. Trade liberalization and the evolution of skill earnings differentials in Brazil. **Journal of International Economics**, v. 68, p. 345 – 367, 2006.

GOOS, Maarten; MANNING, Alan. Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain. **Review of Economics and Statistics**, v. 89, p. 118–133, 2007.

_____ ; _____. Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain. **London School of Economics, Center for Economic Performance**. Discussion Papers n. CEPDP0604, 2003. Disponível em: <http://cep.lse.ac.uk/new/publications/year.asp?pubyear=2003>. Acesso em 10 jan. 2009.

GREENWOOD, Jeremy; YORUKOGLU, Mehmet. "1974". **Carnegie Rochester Series on Public Policy**, v. 46, p. 49-95, 1997.

KATZ, Lawrence F.; AUTOR, David H. Changes in the Wage Structure and Earnings Inequality, in ASHENFELTER, Orley; CARD, David (Eds.), **Handbook of Labor Economics**, v. 3A, p. 1463–1555, Amsterdam: North-Holland, 1999.

LEVY, Frank; MURNANE, Richard J. With What Skills Are Computers a Complement? **American Economic Review**, v. 86, n. 2, p. 258-262, 1996.

MACHIN, Stephen; VAN REENEN, John. Technology and Changes in Skill Structure: Evidence from Seven OECD Countries. **Quarterly Journal of Economics**, v. 113, p. 1215–1244, 1998.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Classificação Brasileira de Ocupações**. Brasília, 2002. Disponível em <http://www.mteco.gov.br/>. Acessado em 01/04/2009.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Relação Anual de Informações Sociais**. Brasília, 2008. Disponível em <http://sgt.caged.gov.br/>. Acessado em 01/04/2009

NERI, Marcelo; CAMARGO, José Márcio; REIS, Maurício Cortez. Mercado de Trabalho nos Anos 90: Fatos Estilizados e Interpretações. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA**, Texto para Discussão n. 743, junho 2000. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/default.jsp>. Acesso em: 20 jan. 2009.

RAMOS, Lauro. O Desempenho Recente do Mercado de Trabalho Brasileiro: Tendências, Fatos Estilizados e Padrões Espaciais. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA**, Texto para Discussão n. 1255, janeiro 2007. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/default.jsp>. Acesso em : 20 jan. 2009.

SIMON, Herbert A. The Corporation: Will it Be Managed by Machines? in ANSHEN, M. L.; BACH, G. L. (eds), **Management and Corporations, 1985: A Symposium Held on the Occasion of the Tenth Anniversary of the Graduate School of Industrial Administration**. Carnegie Institute of Technology, 1985 (New York, NY: McGraw-Hill, 1960).

SOTMAYOR, Orlando J. Education and Changes in Brazilian Wage Inequality, 1976-2001. **Industrial and Labor Relations Review**, v. 58, n. 1, p. 94-111, 2004.

SPITZ-OENER, Alexandra. Technical Change, Job Tasks, and Rising Educational Demands: Looking Outside the Wage Structure. **Journal of Labor Economics**, v. 24, n.2, p. 235–270, 2006.

VARIAN, Hal R. **Intermediate Micro Economics: a modern approach**. 7 ed. New York: W.W. Norton & Company, 2006.

APÊNDICE A – Computadores como complementos das Atividades Não Rotineiras

Autor, Levy e Murnane (2003) afirmam que o capital computacional, além de ser um substituto das tarefas rotineiras, também é um complemento das tarefas não rotineiras. Embora concordemos com o argumento conceitual dos autores supracitados de que os computadores relativamente complementam as tarefas não-rotineiras - como discutimos no exemplo que relata o processo de tomada de decisões por um executivo (seção 4) - o modelo apresentado anteriormente não implica em complementaridade entre os computadores e as tarefas não rotineiras.

O modelo é formulado a partir de uma função de produção cobb-douglas, com retornos constantes de escala:

$$Q = (L_R + C)^{1-\beta} \cdot L_N^\beta, \text{ com } \beta \in (0,1) \quad (1)$$

Derivando da análise de Varian (2006, p. 83), apresentamos abaixo a relação entre a demanda por atividades rotineiras e não rotineiras em função do preço, representados aqui pelos salários pagos para as atividades rotineiras (ω_R) e não rotineiras (ω_N), e pelo preço do capital computacional (ρ_C). Temos que:

$$(L_R + C) = (1 - \beta) \cdot \frac{m}{\omega_R + \rho_C} \quad (13)$$

$$L_N = \beta \cdot \frac{m}{\omega_N} \quad (14)$$

Onde m representa o custo da produção, L_R e L_N as demandas por tarefas rotineiras e não rotineiras, e C representa a demanda por capital computacional.

Como podemos observar, a redução do preço das tarefas rotineira (ω_R ou p_C) aumenta a demanda por tarefas rotineiras ($L_r + C$). No entanto, para que o capital computacional seja complementar às atividades não rotineiras, a seguinte condição precisa ser satisfeita:

$$\frac{\partial L_R}{\partial p_C} < 0 \quad (15)$$

Ou seja, a queda nos preços dos computadores p_C deveria aumentar a demanda por atividades não rotineiras L_N .

A partir da Equação 14, vemos que a demanda por atividades não rotineiras depende apenas do fator β e do preço das atividades não rotineiras ω_N . Desta forma, a condição de complementaridade estabelecida na Equação 15 não é satisfeita, e salientamos aqui que o modelo proposto por Autor, Levy e Murnane (2003) não estabelece uma relação complementar entre o capital computacional e as atividades não rotineiras.