



Sumário de Pesquisa

Impacto da Automação no Executivo Federal no Brasil:

sumário de pesquisa

Projeto Básico 284/2019/CGDAD/DPP/ENAP

Willian Boschetti Adamczyk

Brasília

Novembro de 2020

SUMÁRIO EXECUTIVO

- A partir das tendências de automação no setor privado estimou-se que 20% dos servidores do Executivo federal encontram-se em ocupações com elevado potencial a terem suas tarefas atribuídas à automação nas próximas décadas.
- Dos 521 mil servidores civis analisados na base de dados do Sistema Integrado de Administração de Pessoal (SIAPE), 105 mil exercem ocupações em alta propensão à automação.
- As ocupações mais suscetíveis à automação são formadas por tarefas mais simples, muitas vezes rotineiras e repetitivas, que demandam desempenho em habilidades manuais.
- As ocupações com maior propensão à automação incluem técnicos de sistemas audiovisuais e gráfica, e servidores da construção civil, como armador, pedreiro, pintor e carpinteiro.
- Ocupações que requerem o uso de criatividade na solução de problemas e inteligência social para comunicação e interação com equipes possuem menor propensão à automação.
- Entre as ocupações com menor propensão à automação estão pesquisadores e profissionais relacionados às ciências sociais e da saúde, gestão e comunicação, como: economistas, sociólogos, geógrafos, biólogos, psicólogos, engenheiros, gerentes de produção e de serviços de saúde, relações públicas e publicitários.
- O impacto da automação pode aumentar a desigualdade de gênero. Das 232 mil mulheres, 48,1 mil estão em ocupações de alta propensão à automação, ou seja, 20,7%. Para os homens, 56,6 mil de 290 mil estão em alta automação, ou 19,5%.
- Dos 521 mil servidores ativos analisados, 44,7%, estarão aptos a se aposentar a partir de 2030. As tecnologias de automação podem ajudar a conciliar o desafio de preencher o déficit de 232,4 mil servidores.

- O déficit de 232,4 mil servidores pode ser reduzido pela realocação de servidores ativos em ocupações propensas à automação, restando a necessidade de reposição de 127,8 mil cargos.
- A automação aumenta a necessidade e importância de habilidades de alta complexidade. Para evitar um hiato de habilidades recomenda-se o desenvolvimento de *hard-skills* específicos para aproveitamento do trabalho automatizado e *soft-skills* necessárias para a gestão e relacionamento entre equipes.

1 INTRODUÇÃO

O mercado de trabalho está mudando rápido. Nas próximas três décadas, estima-se que até 47% dos trabalhadores dos Estados Unidos poderão ver seu emprego desaparecer pela introdução de tecnologias de automação (FREY; OSBORNE, 2017; WEF, 2016). O Brasil segue a tendência global com até 54% dos trabalhadores exercendo ocupações automatizáveis (ALBUQUERQUE *et. al*, 2019; KUBOTA; MACIENTE, 2019).

Diferenças substanciais na dinâmica de alocação de trabalhadores entre os setores público e privado suscitam debate sobre os possíveis efeitos da automação. Enquanto o setor privado observa a sinalização do mecanismo de preços e é flexível para se ajustar às mudanças tecnológicas por meio de contratações, demissões e realocação de funcionários, o setor público brasileiro possui maior rigidez para incorporar mudanças tecnológicas a sua força de trabalho.

Portanto, qual será o impacto da automação no futuro do emprego do setor público? Para responder à questão, o Relatório 2 desta pesquisa identificou as ocupações públicas com maior propensão à automação por meio do método *Bartik Occupational Tasks* (BOT). Já no Relatório 3 buscou-se aprofundar a análise dos impactos da automação sobre os servidores do Executivo federal ao investigar o perfil dos servidores em termos de gênero, qualificação, remuneração e idade. Construiu-se, ainda, estimativas do déficit potencial de servidores por motivos de aposentadoria que pode ser reduzido pela introdução de sistemas automatizados.

A partir das tendências de automação no setor privado estimou-se que 20% do total de servidores encontram-se em ocupações com elevado potencial a terem suas tarefas atribuídas a sistemas automatizados nas próximas décadas. Dos 521,7 mil servidores civis analisados na base de dados do Sistema Integrado de Administração de Pessoal (SIAPE), 104,7 mil exercem ocupações em alta propensão à automação.

As contribuições desta pesquisa pretendem auxiliar gestores públicos e servidores na preparação para impactos futuros das tecnologias da automação sobre a força de

trabalho, com políticas que favoreçam o aumento da produtividade, transmissão de conhecimento e retenção de pessoas.

2 METODOLOGIA

A seção de metodologia apresenta a construção do método Bartik Occupational Tasks (BOT) para investigar os impactos da automação no Executivo federal no Brasil. O BOT emprega algoritmos de *Natural Language Processing* (NLP) e de *Machine Learning* para sintetizar e extrair informações quantitativas a partir dos textos que listam as tarefas envolvidas em cada uma das 2.627 ocupações da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) e realizar a inferência da propensão à automação sobre 389 ocupações do serviço público federal¹. Consiste em uma adaptação dos métodos de variáveis instrumentais de Bartik (1991) e Blanchard e Katz (1992) para a análise de crescimento das ocupações por setores.

As bases de dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) de São Paulo entre os anos 2010 e 2018 são usadas para encontrar o efeito diferencial de crescimento da automação. Considera-se São Paulo como a fronteira tecnológica brasileira por: i) possuir segunda maior renda média entre os estados (IBGE, 2019); ii) atuar como *hub* de contato internacional com elevado número de empresas multinacionais e do setor de tecnologia, ao concentrar 69,5% do total investido pelos estados brasileiros em pesquisa e desenvolvimento (INVESTESP, 2020); iii) ter 42,9% do total de trabalhadores das áreas de *hardware*, *software*, serviços, nuvem e produção de tecnologia da informação (VALOR, 2018).

A aplicação do método BOT traz resultados consistentes com as tendências de automação apontadas em estudos realizados para os Estados Unidos e demais países da OCDE, mas tem a vantagem de se basear exclusivamente em dados empíricos, sem o uso de classificações subjetivas, *surveys* ou denominações *ad hoc*.

¹ Agradece-se à Danilo Cardoso, Flávio da Vitoria e Pedro Masson, da coordenação geral de Ciência de Dados da ENAP, pelo apoio no acesso e na compreensão da base identificada do SIAPE. Agradece-se à Denise Manfredini pelas revisões dos relatórios de pesquisa.

Em paralelo, as descrições das tarefas da Matriz de Atividades da CBO são submetidas à análise de texto *Term frequency-inverse document frequency* (TF-IDF). A análise TF-IDF oferece uma ponderação que permite descontar a importância de termos que são comuns às tarefas de outras ocupações, colocando maior ênfase nas tarefas únicas que as diferenciam. Assim, usa-se um conjunto de 20 mil descrições de atividades de 2,6 mil ocupações, resultando em 47 milhões de palavras. Por fim, a medida da importância das tarefas dentro de cada ocupação é calculada pela soma dos pesos relativos obtidos.

Os resultados de efeito diferencial e TF-IDF se unem para a construção do método BOT, que estima a propensão à automação por meio de *Random Forest Regression*. O algoritmo atribui pesos aos termos que constituem as tarefas de cada ocupação, sendo possível identificar termos que aumentam a propensão à automação como: embalar, colocar, pacote, corresponder, enxugar, desmontar, rádio, tv, eletrodoméstico, amarrar, manusear, portuário, caminhão, vagão, ferroviário, encadernar, estampar e notificar.

Em linha com a literatura, as ocupações mais suscetíveis à automação são formadas por tarefas mais simples, muitas vezes rotineiras e repetitivas, que demandam desempenho por meio de habilidades manuais. Essas tarefas possuem maior possibilidade de serem padronizadas e codificadas em algoritmos (FREY; OSBORNE, 2017) e empregam trabalhadores de menor qualificação e remuneração.

Por outro lado, ocupações que requerem o uso de criatividade na solução de problemas e inteligência social para comunicação e interação com equipes, são apontadas como menos propensas à automação (FREY; OSBORNE, 2017; ADAMCZYK *et al.*, 2019). Essa tendência se reflete no crescimento diferencial verificado nos grupos que incluem os membros superiores do poder público, dirigentes e gerentes de organizações em geral, assim como profissionais da ciência e das artes.

Assim, tarefas de maior complexidade sinalizam menor propensão à automação, formadas por termos como: coordenar, artesanal, comunicar, gerenciar, pesquisar,

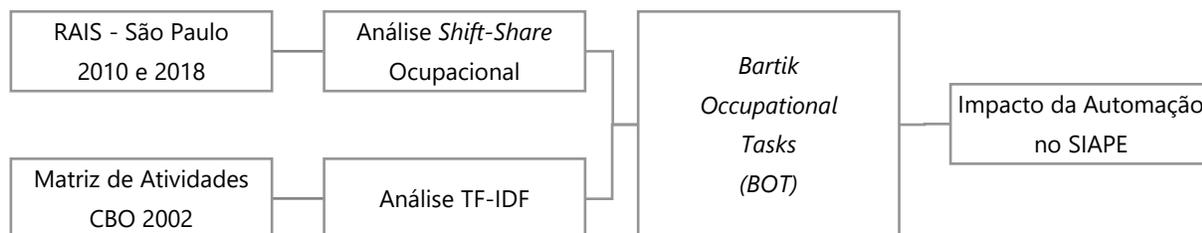
preparar, elaborar, desenvolver, saúde, paciente, consultar, conhecimento, qualidade, políticas, científico, jurídico e confeccionar.

O modelo é então usado para encontrar o impacto da automação sobre as ocupações do Executivo federal. A Figura 1 esquematiza os procedimentos de estimação do estudo, cuja construção é descrita em detalhes no Relatório 2 da pesquisa.

Denomina-se em “alta propensão à automação” as ocupações localizadas no quartil superior da distribuição de automação. Esse ponto de corte é uma referência que pode ser vista como móvel ao longo do tempo. Quanto mais distante o horizonte de automação, maior o número de soluções tecnicamente viáveis que podem impactar as ocupações. Em caso de empate, considerou-se a maior escolaridade média das ocupações para diferenciá-las, com base no relato de outros autores, em que a automação tende a impactar mais as profissões de menor qualificação (FREY; OSBORNE, 2017; ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016).

Dessa forma, do total de 521,7 mil servidores analisados, considera-se que 20% do total de servidores encontram-se em ocupações consideradas de alta propensão à automação. A seção 3 detalha as ocupações classificadas em alta e baixa propensão à automação, analisando as características de remuneração, escolaridade e quantidade de servidores alocados em cada ocupação, assim como sua distribuição entre os diferentes órgãos superiores do Executivo federal.

Figura 1. Etapas de estimação da propensão à automação no Executivo Federal.



Fonte: elaboração própria.

3 AUTOMAÇÃO NO EXECUTIVO FEDERAL

Com base nos resultados do método BOT a seção detalha a propensão à automação das ocupações investigando padrões de escolaridade, remuneração, idade e gênero dos servidores.

Na Tabela 1 pode-se visualizar as ocupações com mais de 50 trabalhadores ordenadas de forma decrescente, a partir da mais propensa à automação. Já a Tabela 2 traz as ocupações com mais de 50 trabalhadores ordenadas de forma crescente, a partir da menor propensão à automação, com as respectivas quantidades de trabalhadores do Executivo federal em cada ocupação, os anos médios de estudo, a remuneração média e a remuneração total desses servidores do Executivo federal. Os dados são restritos às ocupações que empregam mais de 50 servidores, suprimindo-se as ocupações com menor número. A relação completa das 389 ocupações ordenadas pela propensão à automação pode ser consultada *online*².

Tabela 1. Ocupações ordenadas por propensão à automação – decrescente*

Título da Ocupação	Código CBO	Propensão Automação	Quantidade	Anos de Estudo	Remuneração Média	Remuneração Total (mil)
Técnico de sistemas audiovisuais	373130	0,9845	58	10,78	4.990,92	289.474
Assistente de operações audiovisuais	373145	0,9845	88	11,28	5.941,36	522.839
Operador de mídia audiovisual	373105	0,9845	51	12,78	4.629,56	236.108
Cenotécnico (cinema, vídeo, televisão, teatro e espetáculos)	374205	0,9814	89	13,76	7.545,98	671.592
Técnico em programação visual	371305	0,9780	291	16,35	7.346,29	2.137.771
Técnico gráfico	371310	0,9757	267	13,08	6.082,82	1.624.112
Armador de estrutura de concreto armado	715315	0,9736	285	12,29	7.830,41	2.231.666
Pedreiro	715210	0,9732	306	9,91	4.188,65	1.281.726
Pintor de obras	716610	0,9731	223	10,06	4.343,72	968.650
Carpinteiro	715505	0,9727	687	10,37	5.697,34	3.914.075

*Ocupações com mais de 50 servidores.

Fonte: elaboração própria.

Dentre as ocupações com maior propensão à automação observa-se a predominância de técnicos de sistemas audiovisuais e gráfica, e servidores da construção

² Disponível em: https://willba.shinyapps.io/view_auto/.

civil, como armador, pedreiro, pintor e carpinteiro. Em geral, são ocupações de baixa escolaridade e todas com remuneração abaixo da média de R\$ 9.913 do Executivo federal. A tendência está em linha com a conclusão de outras pesquisas que consideram um maior impacto da automação sobre as profissões de menor qualificação e menor nível salarial (ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016; FREY; OSBORNE, 2017, ALBUQUERQUE *et al.*, 2019).

Verifica-se que dentre as ocupações com menor propensão à automação estão os profissionais de alta escolaridade e elevada remuneração, como pesquisadores de áreas diversas, perito criminal, gerência de serviços de saúde e psicólogo clínico.

As atividades mais comuns entre os pesquisadores são as que envolvem desenvolvimento de novos materiais, produtos, processos e métodos, conforme descrição da CBO 2002. Além disso, há atividades de identificação de oportunidades, execução de projetos de pesquisa e prestação de consultoria técnica. Essas atividades estão na fronteira do conhecimento e longe de possibilitarem uma padronização em seus processos, dada a elevada complexidade das tarefas e necessidade de elementos de criatividade e inovação para que sejam executados. Atividades de disseminação de conhecimento também são centrais às atividades de pesquisadores, ao orientar trabalhos de pesquisa, coordenar seminários, congressos e cursos em geral para capacitar equipes e futuros pesquisadores.

Ainda, entre as ocupações com menor propensão à automação estão os profissionais do conhecimento relacionados às ciências sociais e da saúde, como economistas, sociólogos, geógrafos, biólogos, psicólogos e antropólogos. Profissionais de engenharia, gestão e comunicação como gerentes de produção e de serviços de saúde, relações públicas, publicitários e redatores.

Essas ocupações desempenham atividades centrais para o desenvolvimento das próprias tecnologias de automação, que ao ganharem espaço e importância no mercado de trabalho, demandarão mais esforços e investimentos para a continuidade da sua evolução e disseminação pela sociedade. Em geral, ocupações que requerem mais

inteligência social e inteligência criativa são menos propensas à automação (ADAMCZYK *et al.*, 2019).

Tabela 2. Ocupações ordenadas por propensão à automação – crescente*

Título da Ocupação	Código CBO	Propensão Automação	Quantidade	Anos de Estudo	Remuneração Média	Remuneração Total (mil)
Pesquisador de engenharia elétrica e eletrônica	203215	0,3966	453	18,99	14.453,94	6.547.634
Pesquisador de engenharia e tecnologia (outras áreas da engenharia)	203210	0,3966	198	17,04	11.750,44	2.326.588
Pesquisador em saúde coletiva	203320	0,4009	2675	19,23	16.253,15	43.477.184
Pesquisador em ciências sociais e humanas	203505	0,4060	4478	18,61	15.276,72	68.409.137
Pesquisador em ciências da educação	203515	0,4060	252	17,52	11.469,20	2.890.239
Pesquisador em metrologia	201205	0,4184	518	17,95	15.709,39	8.137.465
Perito criminal	204105	0,5590	1089	15,02	27.111,66	29.524.598
Biólogo	221105	0,6341	438	17,68	10.516,01	4.606.014
Gerente de serviços de saúde	131210	0,6638	800	17,38	13.582,34	10.865.872
Psicólogo clínico	251510	0,6704	1784	16,53	8.659,57	15.448.666

*Ocupações com mais de 50 servidores.

Fonte: elaboração própria.

Ainda, pode-se verificar que as ocupações não estão igualmente distribuídas entre os Ministérios do Executivo federal, denominados como Órgãos Superiores na agregação. A Tabela 3 mostra o resumo dos impactos de automação nos cinco órgãos superiores com maior número de servidores no Executivo Federal, em 2017.

Já a Tabela 4 mostra quais são as ocupações em que os servidores são classificados como de alta propensão dentro de cada órgão superior. Ilustrando o percentual de automação encontrado. As versões completas com todos os órgãos superiores podem ser encontradas nos Anexos do Relatório 2.

A linha final da Tabela 3 traz o resultado para o conjunto de todo o Executivo federal, em que 104,6 dos 521,7 mil servidores estão em ocupações com alta propensão à automação, ou seja, 20,06%. Em termos da remuneração em dezembro de 2017, os servidores em atividades de alta automação representam R\$ 594,8 milhões do total da massa salarial de R\$ 5.171,6 milhões, ou seja, 11,5% do total.

Tabela 3. Impacto da automação por órgão superior do Executivo Federal.

Órgão Superior	Quantidade Automação	Quantidade Total	Percentual Automação	Massa Salarial Automatizada (milhões R\$)	Massa Salarial (milhões R\$)	Percentual Automatizada
Ministério da Educação	47.296	252.272	18,8%	222	2.337	9,5%
Ministério da Saúde	11.904	66.465	17,9%	72	474	15,3%
Min. do Desen. Social	1.727	32.358	5,3%	17	331	5,1%
Ministério da Fazenda	5.295	29.815	17,8%	30	489	6,1%
Ministério da Justiça	3.816	29.273	13,0%	23	400	5,7%
Outros (22)	34.632	111.518	31,1%	231	1.141	20,2%
TOTAL	104.670	521.701	20,1%	595	5.172	11,5%

Fonte: elaboração própria.

Identifica-se o Ministério da Educação como o órgão superior com o maior número de servidores, assim como o maior número em ocupações com alta propensão à automação, com 78 de 272 ocupações que compõe o órgão. Nessas ocupações estão 47,3 mil (18,75%) do total de 252,2 mil servidores.

Em termos salariais, são 9,5% da massa salarial em ocupações em alta propensão. Dentre as ocupações do Ministério da Educação classificadas como em alta propensão à automação estão assistentes administrativos, auxiliares de escritório e biblioteca, trabalhadores agropecuários e motoristas de furgão ou veículos similares, além de outras 73 ocupações.

O Ministério da Saúde contém 26 das 129 ocupações em alta propensão à automação, o que representa 11,9 mil (17,9%) do total de 66,5 mil servidores. É seguido na quantidade total de servidores por Ministério do Desenvolvimento Social, com 1,7 mil (5,3%) do total de 32 mil servidores, do Ministério da Fazenda, com 5,3 mil (17,8%) de 29,8 mil servidores, e do Ministério da Justiça, com 3,8 mil (13%) do total de 29 mil servidores.

Em geral, a ênfase no impacto quantitativo revela as ocupações mais propensas à automação com maior quantidade de servidores. A partir da identificação das ocupações e órgãos afetados pela automação, é importante analisar os efeitos agregados de acordo com características sociodemográficas dos servidores, como gênero, nível de

escolaridade, remuneração e idade. Essas análises permitem se aproximar do perfil de servidores em ocupações com alta propensão à automação, oferecendo subsídios para elaboração de políticas de retreinamento e transição entre carreiras.

Tabela 4. Ocupações de alta propensão à automação por órgão superior

Órgão Superior	Ministério/Ocupação	Cód. CBO	Propensão Automação	Servi-dores	Anos de Estudo	Remu. Média
MEC	Ministério da Educação					
	Assistente administrativo	411010	0,8708	33.418	15,01	4.854,43
	Auxiliar de escritório	411005	0,8734	6.189	13,84	4.074,02
	Auxiliar de biblioteca	371105	0,9273	1.112	14,20	2.887,19
	Trabalhador agropecuário em geral	621005	0,9346	906	11,23	4.217,52
	Motorista de furgão ou veículo similar	782310	0,8800	701	11,40	5.168,82
	Outras (73)					
MS	Ministério da Saúde					
	Assistente administrativo	411010	0,8708	8.860	13,12	6.174,66
	Motorista de furgão ou veículo similar	782310	0,8800	1.294	9,59	6.072,80
	Datilógrafo	412105	0,8713	778	11,45	5.685,39
	Auxiliar de escritório	411005	0,8734	502	12,51	5.519,28
	Digitador	412110	0,8713	116	11,92	5.646,22
	Outras (21)					
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social					
	Datilógrafo	412105	0,8713	969	11,75	10.249,53
	Motorista de furgão ou veículo similar	782310	0,8800	245	9,59	9.983,59
	Assistente administrativo	411010	0,8708	243	12,79	7.659,07
	Auxiliar de escritório	411005	0,8734	147	9,90	10.234,84
	Recreador	371410	0,9343	50	11,64	9.963,62
	Outras (16)					
MF	Ministério da Fazenda					
	Assistente administrativo	411010	0,8708	4.518	13,22	5.440,48
	Datilógrafo	412105	0,8713	375	11,87	7.097,42
	Motorista de furgão ou veículo similar	782310	0,8800	299	9,54	5.772,97
	Desenhista técnico (artes gráficas)	318405	0,8682	37	10,43	5.903,11
	Auxiliar de escritório	411005	0,8734	15	11,93	6.352,77
	Outras (13)					
MJ	Ministério da Justiça					
	Assistente administrativo	411010	0,8708	3.168	12,84	5.733,98
	Motorista de furgão ou veículo similar	782310	0,8800	247	9,65	6.680,88
	Datilógrafo	412105	0,8713	148	11,30	6.621,06
	Auxiliar de escritório	411005	0,8734	132	11,46	7.800,55
	Carpinteiro	715505	0,9727	27	8,81	7.117,43
	Outras (23)					
BR	Total do Executivo Federal			521.701	15,35	9.912,83

Fonte: Elaboração própria.

4 CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS DE AUTOMAÇÃO

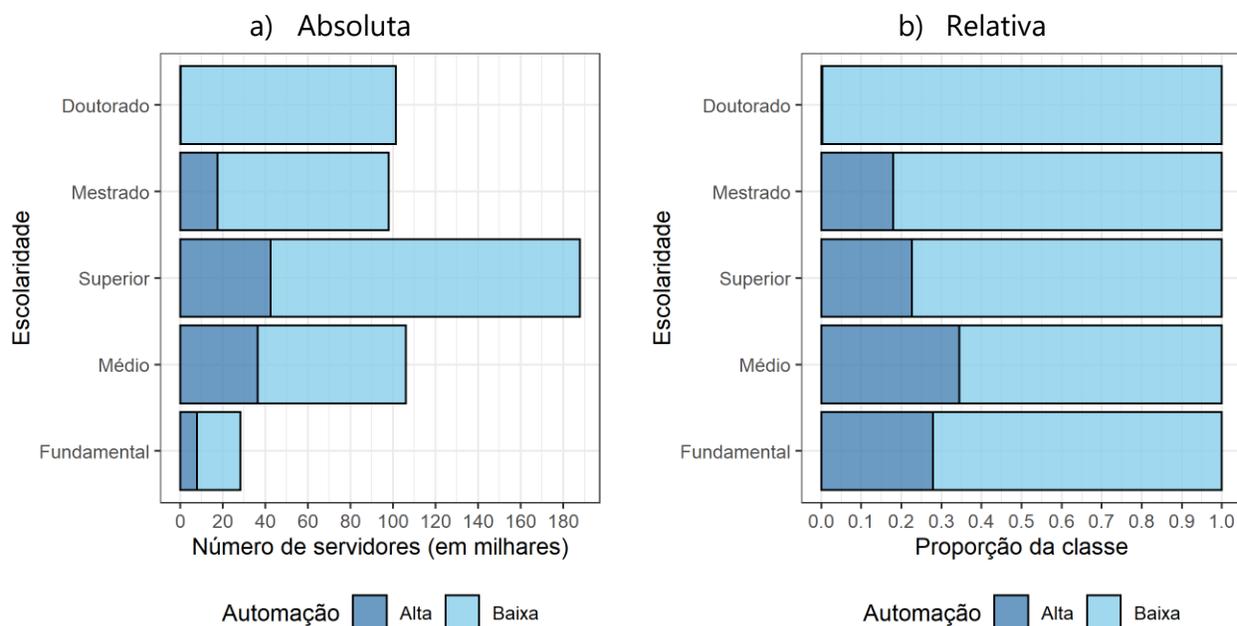
A base de dados do SIAPE contém as informações gerais dos servidores quanto ao perfil de escolaridade, idade e gênero, além das informações de remuneração. Como visto na seção 3, espera-se que o efeito da propensão à automação seja maior sobre ocupações que desempenham tarefas de menor complexidade, que exigem menor nível educacional e remuneração.

A Figura 3 exibe a distribuição da propensão à automação por nível de escolaridade dos servidores. Em 3.a) está representada a quantidade absoluta de servidores em cada nível de escolaridade, enquanto 3.b) traz a quantidade relativa ao total por nível de ensino.

No total, são cerca de 104,7 mil servidores classificados em alta propensão à automação. Dentre os automatizáveis estão 42 mil servidores com ensino superior (40,5%), 37 mil servidores com ensino médio (34,9%), 17,6 mil com mestrado ou MBA (16,8%), 7,9 mil servidores com ensino fundamental (7,6%), e 214 com doutorado (0,2%).

Portanto, a automação tem maior efeito proporcional sobre as ocupações de menor nível de escolaridade. Porém, em número absolutos, mais servidores com ensino superior e médio desempenham ocupações em alta propensão à automação.

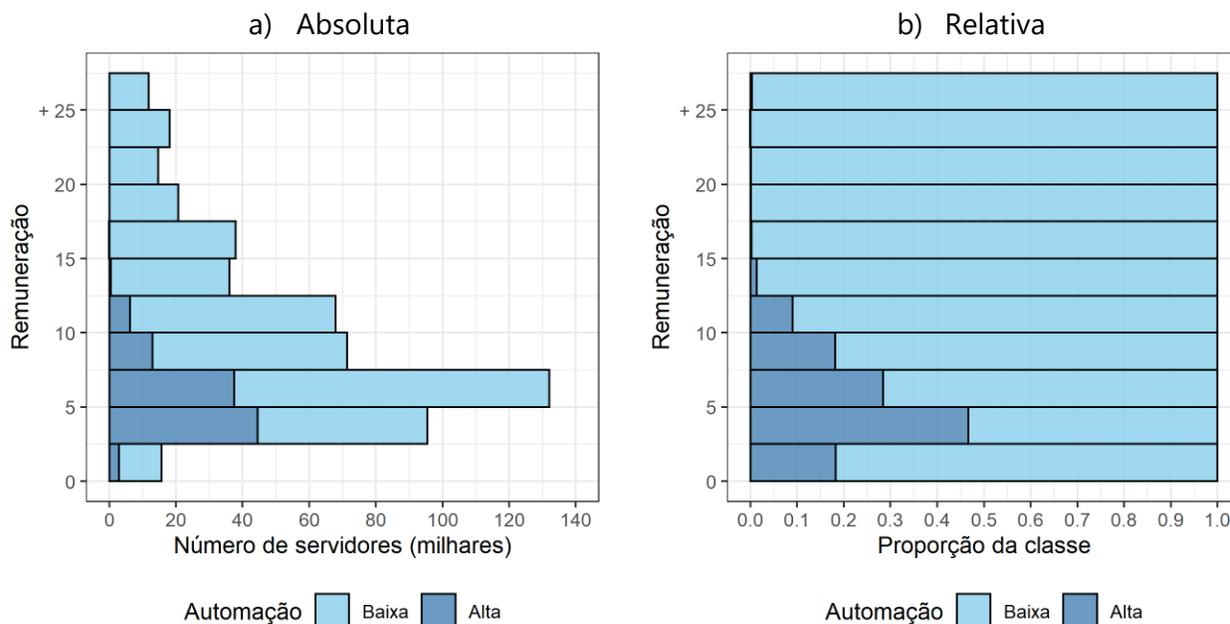
Figura 3. Distribuição da propensão à automação por nível de escolaridade.



Fonte: elaboração própria.

A Figura 4 mostra a distribuição da propensão à automação por nível de remuneração mensal dos servidores em dezembro de 2018. Em 4.a) está a distribuição absoluta do número de servidores em cada faixa de remuneração, enquanto 4.b) mostra a proporção relativa.

Figura 4. Distribuição da propensão à automação por nível de remuneração mensal.



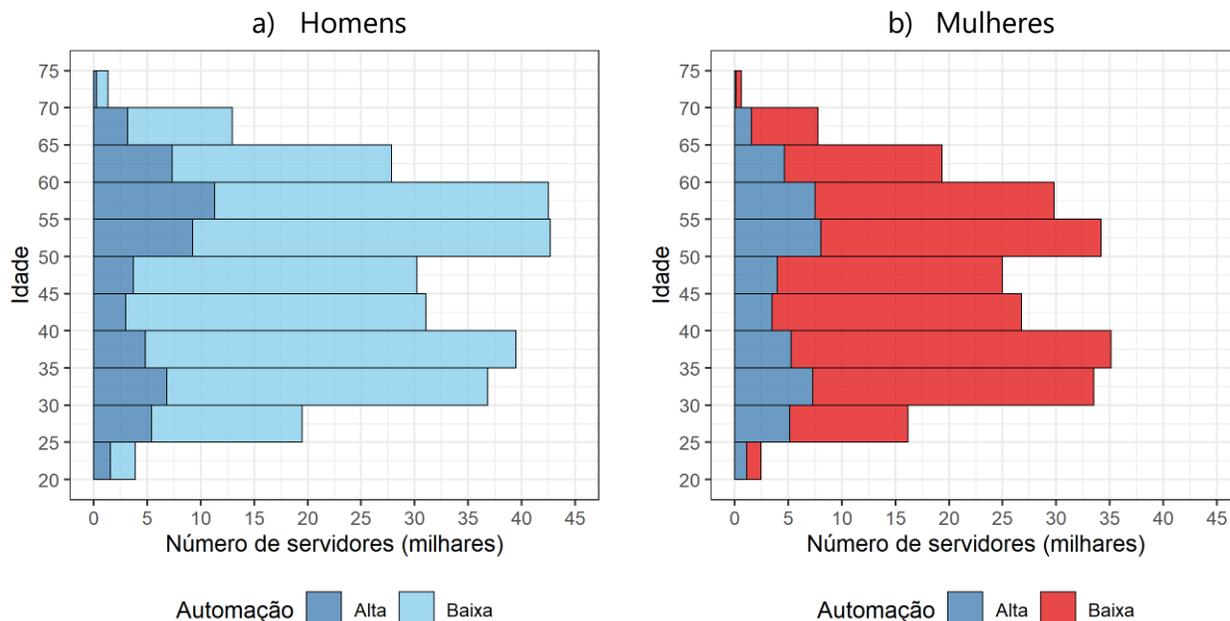
Fonte: elaboração própria.

A análise da remuneração permite identificar que 60,3% dos servidores recebem até R\$ 10 mil mensais. Até R\$ 5 mil são 111 mil servidores. Os servidores em alta propensão concentram-se nas faixas salariais inferiores, correspondendo a 93% dos servidores automatizáveis. São 47,4 mil servidores recebendo até R\$ 5 mil mensais e 50,5 mil entre R\$ 5 e R\$ 10 mil. Apenas 24 servidores acima de R\$ 25 mil mensais são afetados.

O maior impacto da automação sobre ocupações de baixa remuneração ajuda a explicar a diferença verificada entre o percentual de servidores em automação (20%) e a massa salarial em automação (11,5%). Como a maior parte das ocupações automatizáveis recebem os menores salários, o efeito é maior sobre o número de servidores, com menor impacto sobre os servidores de maior remuneração.

Por fim, a Figura 5 mostra o impacto da automação por faixa etária, permitindo a comparação do efeito sobre servidores homens e mulheres.

Figura 5. Distribuição da propensão à automação por faixa etária e gênero.



Fonte: elaboração própria.

O Executivo federal é composto por 290 mil homens e 232 mil mulheres. O salário médio é mais elevado para os homens, que recebem R\$ 10.386 mensais em comparação a R\$ 9.306 para as mulheres, uma diferença de 11,6%. Apesar da impessoalidade nos processos seletivos e regras de isonomia que coíbem remunerações diferentes para a mesma função, a agregação dos dados revela um padrão estrutural de desigualdade por gênero (LOPEZ; GUEDES, 2020).

O impacto da automação pode aumentar a desigualdade de gênero. Das 232 mil mulheres, 48,1 mil estão em ocupações de alta propensão à automação, ou seja, 20,7%. Para os homens, esse número é de 56,6 mil dos 290 mil, representando 19,5%. Ou seja, o efeito da automação é relativamente superior sobre as ocupações com maior presença feminina. Costureiras, auxiliares de escritório e de biblioteca são exemplos de ocupações em alta propensão à automação compostas por uma maioria de mulheres.

A automação afeta tanto servidores mais jovens quanto os mais velhos. Dos servidores classificados em alta propensão à automação, entre 18 e 30 anos são 10,6 mil (10%), entre 30 e 45 anos são 32 mil (30%), entre 45 e 60 anos são 41,7 mil (40%) e acima de 60 anos são 20 mil servidores (20%).

Percebe-se um aumento da idade média dos servidores nas ocupações de maior propensão à automação. Ocupações como radiotelegrafista, motorista, marinheiro, carpinteiro e costureira possuem uma idade média próxima ou superior aos 60 anos, apontando para servidores mais idosos que podem estar próximos a se aposentar.

A análise da automação por faixa etária pode oferecer respostas para quais servidores terão a necessidade de serem realocados, em quais funções poderão surgir déficits de servidores e quais cargos poderão ter suas necessidades preenchidas pela introdução de tecnologias de automação.

Ao longo das décadas, ocupações do setor público já se tornaram obsoletas e o avanço das tecnologias de automação pode acelerar o ritmo de modernização de funções. A seção seguinte se analisa com maior atenção o impacto da automação no setor público considerando as tendências de aposentadoria dos servidores.

5 APOSENTADORIA E AUTOMAÇÃO DO SERVIDOR PÚBLICO FEDERAL

A presente seção discute os efeitos da automação sobre o setor público analisando as perspectivas de aposentadoria dos servidores e as possibilidades de realocação dos servidores ativos do Executivo federal. Para isso, realiza-se uma projeção da quantidade de servidores aptos a obter a aposentadoria nas próximas décadas³.

Percebe-se uma tendência de crescimento no número de servidores aposentados a cada ano, com os totais anuais passando de 7,3 mil em 2004 para 15,8 mil em 2016. Em 2019 as discussões de reformas geram um pico de 37,8 mil aposentadorias (MACÊDO *et al.*, 2019). Schettini *et al.* (2018) explica o aumento das aposentadorias pelo expressivo crescimento no ingresso de servidores a partir dos anos 1980, ultrapassando 20 mil ingressos anuais em 81 e 82, em comparação com a retração no final dos anos 1990.

³ Uma revisão detalhada da evolução das regras de aposentadoria é feita por Gomide (2014) Adiantamento da Aposentadoria: um estudo sobre os servidores públicos federais do Poder Executivo e o abono permanência. Impactos fiscais das reformas previdenciárias foram estudados por Magalhães e Bugarin (2004), Mascarenhas *et al.* (2004), Amaral *et al.* (2013), Rodrigues e Afonso (2015) e Schettini *et al.* (2018).

Segundo o Painel Estatístico de Pessoal (2020), 96,6% das aposentadorias de 2019 foram voluntárias, 3,4% por invalidez, 3 por decisão judicial e apenas 2 por compulsoriedade. Ainda nesse ano, 97,5% das aposentadorias se deram com os proventos integrais da última remuneração recebida, proporção que tende a se manter constante até que os que ingressaram no serviço público após 2003 se tornem parcela relevante das aposentadorias.

Em suma, quase a totalidade das aposentadorias atuais são voluntárias e com proventos integrais, com idade média de 62 anos para homens e 60 anos para as mulheres. Desde os anos 90 aconteceu uma elevação na faixa etária de aposentadoria, sendo que mais da metade de homens e mulheres se aposentam com mais de 60 anos de idade.

Para o cálculo de previsão de aposentadoria dos servidores do Executivo federal é utilizada uma versão simplificada das regras gerais, ignorando especificidades e regras de transição. Considera-se a manutenção dos seguintes critérios:

- idade de aposentadoria compulsória aos 75 anos;
- idade mínima de 62 anos para mulheres e 65 anos para homens, em geral;
- tempo mínimo de 10 anos a partir do ingresso no serviço público;
- desconto de 5 anos na idade mínima para carreiras de professores;
- idade mínima de 55 anos para funções policiais.

As projeções são realizadas assumindo-se a ausência de entrada de novos servidores, e desconsiderando a saída de servidores do serviço público por outros motivos além da aposentadoria.

Além disso, mesmo que as mudanças na idade mínima para aposentadoria, a exemplo das realizadas na EC 103/2019, se mostrem efetivas para redução de despesa de médio e longo prazo, Caetano *et al.* (2016) consideram que os gastos previdenciários continuariam em acelerada trajetória, apontando para a necessidade de realização reformas previdenciárias adicionais nas próximas décadas.

Schettini *et al.* (2018) apontam que a política de reposição futuramente adotada pelo governo possui um peso tão grande quanto as reformas previdenciárias. A sustentabilidade da reposição do elevado número de servidores depende da revisão de salários iniciais e políticas de progressão na carreira a serem adotados.

A Tabela 5 mostra as projeções por quinquênio dos servidores ativos que poderão adquirir o benefício da aposentadoria e os que serão aposentados compulsoriamente. Em 2020, há a possibilidade que até 15,3% dos servidores ativos atuais se aposentem, 78.919 por obtenção dos requisitos mínimos e 367 por aposentadoria compulsória. O percentual de servidores aptos a se aposentar cresce continuamente ao longo dos anos, atingindo 93% dos servidores em 2050. Essa transição evidencia a futura carência de servidores para a continuidade dos serviços públicos, colocando-se as tecnologias de automação como uma alternativa para a reposição de parte dos servidores.

Tabela 5. Proporção dos 520 mil servidores atuais aptos a se aposentar por quinquênio.

Ano	Não Aptos	Aptos	Aposentadoria Compulsória	Aptos + Compulsória
2020	439.788	78.919	367	15,3%
2025	363.814	138.335	16.925	29,9%
2030	286.700	174.269	58.105	44,8%
2035	231.571	161.108	126.395	55,4%
2040	173.175	139.777	206.122	66,6%
2045	99.333	156.632	263.109	80,9%
2050	36.250	162.833	319.991	93,0%

Fonte: elaboração própria.

Obter os requisitos mínimos não significa a imediata aposentadoria. Gomide (2014) mostra que 80% dos servidores continuam em suas funções recebendo o abono permanência por 3,2 anos, em média. Metade dos servidores que recebem o abono ficam até 2,2 anos após obter os requisitos mínimos para aposentadoria, 20% de 3 a 7 anos e 16% acima de 7 anos. Menos de 10% se aposentam próximo à idade compulsória de 75 anos.

Dessa forma, metade dos servidores poderão se aposentar entre 2030 e 2035. As pirâmides etárias revelam que esses servidores são aqueles que hoje se encontram com idades entre 50 e 55 anos. Em 2040/45, 66,7% a 80,9% dos servidores estarão em condições de aposentadoria, quase a totalidade dos servidores hoje com 40 anos ou mais. Em 2050 a aposentadoria chegará para a maioria dos servidores atualmente com 30 anos.

O envelhecimento dos servidores públicos traz questões sobre a necessidade de qualificação e número de servidores considerando os cenários de avanço na automação. A introdução de novas tecnologias é uma possibilidade para substituir parte dos cargos deixados por servidores que saíram do setor público, reduzindo assim o déficit em áreas específicas.

A matriz da Tabela 6 é construída para a década de 2030 buscando relacionar os servidores que desempenham ocupações em alta propensão à ocupação com a quantidade de servidores aptos a se aposentar a partir da data. As matrizes para os anos de 2040 e 2050 podem ser encontradas no Relatório 3.

Tabela 6. Matriz de automação e aposentadoria – 2030.

Aposentadoria / Automação	Automação Baixa	Automação Alta
Aposentadoria	178.756 (34,4%)	53.618 (10,3%)
Não Aposentadoria	235.779 (45,4%)	50.921 (9,8%)

Fonte: elaboração própria.

Em 2030, espera-se que 53,6 mil (10,3%) servidores poderão se aposentar enquanto ocupam cargos de alta propensão à automação. Em 2040 serão 68,2 mil (13,1%) e, em 2050, 92,3 mil (17,8%). Essas ocupações são aquelas que não precisarão de uma reposição de pessoal, tendo suas demandas atendidas por tecnologias de automação.

Por outro lado, será possível a existência de 50,9 mil (9,8%) servidores exercendo atividades em alta propensão à automação, mas que continuarão atuando no serviço público. Esse percentual de servidores ativos diminui para 36,4 mil (7%) em 2040 e 12,2

mil (2,3%) em 2050. Excluída a possibilidade de demissão, esses servidores demandarão realocação para outras funções caso as tecnologias de automação sejam implementadas.

Em relação aos servidores em ocupações de baixa propensão automação, mas que não estarão em condições de aposentadoria serão 235,8 mil (45,5%) em 2030, 136,8 mil (26,4%) em 2040 e 24,1 mil (4,6%) em 2050. Os servidores que poderão necessitar de reposição são aqueles que estarão aptos para aposentadoria enquanto desempenham ocupações de baixa propensão à automação, sendo 178,8 mil (34,4%) em 2030, 277,7 mil (53,5%) em 2040 e 390,5 mil (75,2%) em 2050.

A introdução de tecnologias de automação pode ser uma solução para preencher parte do déficit esperado pela saída de servidores do setor público. Propõe-se assim o cálculo de três déficits de servidores: D1 representa o déficit absoluto de servidores pelo motivo de aposentadoria; D2 é o déficit gerado pelas aposentadorias contando que os servidores aposentados em ocupações de alta propensão à automação não precisarão ser repostos por novos servidores; D3 é D2 com a possibilidade de reposição déficit com servidores ativos que executam ocupações em alta propensão à automação, mediante livre realocação. Em qualquer ano, pode-se visualizar D1, D2 e D3 como:

$$\underbrace{\text{Déficit por Aposentadoria com Automação e Realocação}}_{(D3)} = \underbrace{\frac{\text{Servidores em Aposentadoria}}{(D1)} - \frac{\text{Servidores em Aposentaria e Alta Automação}}{(D2)}}_{(D2)} - \frac{\text{Servidores Não Aposentáveis em Alta Automação}}{(1)} \quad (1)$$

Assim, a partir de 2030, dos 520 mil servidores analisados, 232,4 mil (44,7%) poderão se aposentar (D1). Se considerarmos que os servidores aposentados em ocupações de alta propensão à automação serão substituídos por soluções tecnológicas, subtrai-se 53,6 mil servidores, com um déficit por aposentadoria com automação de 178,8 mil (D2), ou (34,4%).

Supondo que há perfeita mobilidade entre os cargos, o déficit por aposentadoria com automação e possibilidade de realocação dos servidores ativos subtrai 50,9 mil de D2, restando 127,8 mil (24,6%) cargos vagos com necessidade de reposição e sem a

possibilidade de automação (D3). Esse resultado é uma contribuição importante: sem inovações tecnológicas o déficit de servidores em 2030 pode chegar a 232,4 mil servidores, enquanto o uso e preparo de servidores para as tecnologias de automação pode diminuir esse déficit para 127,8 mil cargos vagos.

A plena implementação de tecnologias de automação pode vir a poupar a reposição de 104,6 mil servidores em 2030. Em 2040, a necessidade de reposição pode chegar a 345,9 mil servidores, reduzida para 241,4 mil com as possibilidades de automação e realocação dos servidores.

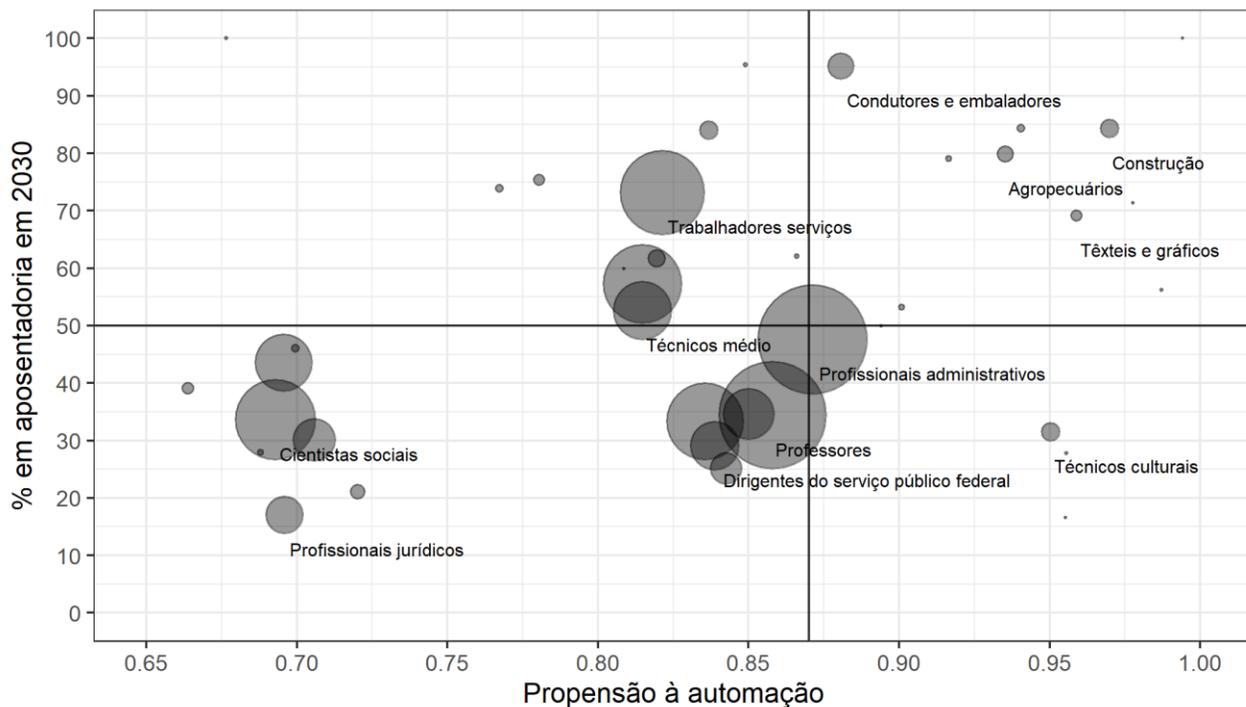
O déficit de servidores federais para a manutenção da estrutura atual poderá ser ainda maior. A perfeita mobilidade é uma suposição irreal, dada a regulamentação de desvio de função e formação dos servidores atuais. Desconsidera-se também a saída de servidores por outros motivos além da aposentadoria, como atração pelo setor privado, pedidos de afastamento temporário ou definitivo. Ainda assim, o cálculo aponta na direção do que poderá ocorrer em três décadas.

Assume-se também a pronta e efetiva implementação de tecnologias de automação, sem analisar seus custos e viabilidade técnica. Porém, adota-se uma estimativa conservadora e constante do percentil de ocupações em automação, considerando como alta propensão apenas aquelas que atualmente se encontram no quartil superior. Ao longo das próximas décadas, as tecnologias de automação devem evoluir para um grupo maior de ocupações, gerando novas possibilidades de aumento de produtividade por transformação, substituição ou aprimoramento das atividades.

Por fim, resta identificar as ocupações propensas a sofrer impacto das tecnologias de automação ao mesmo tempo que passam pelo processo de saída de servidores para a aposentadoria. A Figura 6 permite visualizar os servidores em ocupações de alta propensão à automação e as ocupações com maior percentual de aposentadorias a partir de 2030. As ocupações estão agrupadas ao nível de subgrupos principais da CBO, com dois dígitos. Novamente, em alta propensão automação considera-se os servidores no quarto quartil da automação, ou seja, acima de 0,87. Em alta aposentadoria traça-se

distinção para as ocupações com mais da metade dos servidores se aposentando a partir de 2030.

Figura 6. Quadrantes de propensão à automação e aposentadoria em 2030.



Nota: tamanho das bolhas representa a quantidade de servidores no subgrupo, variando entre 1 e 90 mil.
Fonte: elaboração própria.

Ilustra-se a situação dos servidores em quatro quadrantes: i) em aposentadoria com alta propensão à automação; ii) em aposentadoria com baixa propensão à automação; iii) em baixa aposentadoria com baixa propensão à automação; e iv) em baixa aposentadoria com alta propensão à automação.

No primeiro quadrante, aposentadoria com alta propensão à automação, estão 53,6 mil servidores cujas ocupações poderão ser extintas pela introdução de tecnologias, sem a necessidade de novas contratações. Como a média de idade é elevada, não há prioridade de retreinamento de servidores para essas ocupações. Nessa situação encontram-se servidores nas áreas de construção civil, obras públicas, conservação e extração mineral; trabalhadores agropecuários em geral; condutores de veículos e operadores de equipamentos de elevação e de movimentação de cargas, embaladores,

empacotadores e alimentadores de produção; e trabalhadores das atividades têxteis, do vestuário e das artes gráficas.

Segundo, no quadrante em aposentadoria com baixa propensão à automação estão os 178,8 mil servidores que deixarão o serviço público com vagas em aberto que, na ausência de tecnologias de automação viáveis, necessitarão da atração de servidores por meio de novas contratações ou retreinamento dos existentes. Inclui-se trabalhadores nos serviços de proteção e segurança; nos serviços de administração, conservação e manutenção de edifícios e trabalhadores dos serviços de saúde. Traz também os servidores técnicos em nível médio nas áreas administrativas e de saúde humana.

No terceiro quadrante estão 235,8 mil servidores de menor percentual de aposentadorias e baixa propensão à automação. São servidores que tendem a desempenhar suas funções ganhando com a complementaridade das tecnologias de automação, mas sem necessidade de realocação. Destacam-se os pesquisadores e profissionais policientíficos, nas áreas de ciências sociais e humanas; ciências jurídicas; ciências biológicas, da saúde e afins; e ciências exatas, como física e engenharias. Mais próximos da fronteira de automação estão os professores de ensino superior e médio e dirigentes do serviço público federal, que inclui diretores, gerentes e especialistas em políticas públicas e regulação.

O último quadrante traz os 50,9 mil servidores com baixo percentual de aposentadorias e alta propensão à automação. Essas ocupações oferecem oportunidades para introdução de tecnologias de automação das atividades, ao mesmo tempo em que podem preencher cargos deixados por servidores que se aposentaram em ocupações de baixa propensão à automação. Próximos à fronteira de automação está o grupo de trabalhadores de escritório que considera escriturários em geral, agentes, assistentes e auxiliares administrativos, além de secretários e auxiliares de serviços de biblioteca, documentação e correios. Inclui ainda os técnicos dos serviços culturais, das comunicações e dos desportos.

Com o passar das décadas, espera-se um deslocamento dos eixos para esquerda e para baixo, pelo aumento no número de profissionais em condições de aposentadoria e também progresso das tecnologias de automação. Ao estender o horizonte de análise até 2050, chega-se no percentual de 93% dos servidores considerados aptos a se aposentar até lá. Porém, essa análise de longo prazo ignora novas ocupações que tendem a surgir no setor público a partir da inovação tecnológica e mudanças nas demandas da sociedade. Esses desafios são limites da atual pesquisa que poderão ser superados nos próximos estudos.

A partir dos quadrantes pode-se imaginar efeitos de políticas com objetivos de reduzir o impacto das aposentadorias precoces sobre as contas públicas e aproveitar o potencial das tecnologias de automação para preencher o déficit de servidores. Nesse sentido, a seção seguinte busca discutir políticas nacionais e internacionais que contribuam para que o setor público supere os desafios criados pela automação do trabalho e aproveite as oportunidades dos avanços tecnológicos.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A automação aumenta a necessidade e importância de habilidades de alta complexidade, que podem sofrer de um hiato se não desenvolvidas adequadamente. Entre 2020 e 2030, Willcocks (2020) prevê uma mudança de perfil no mercado de trabalho, com o aumento na demanda por habilidades digitais e tecnológicas, focadas em tarefas não repetitivas e distintivamente humanas. A Figura 7 apresenta um quadro resumo da transição de habilidades que compõe o perfil dos trabalhadores do futuro.

O hiato de habilidades se expressa na defasagem dos trabalhadores atuais em relação às habilidades necessárias para tarefas modernas. Analisando o caráter repetitivo das tarefas, estudos documentam o declínio no emprego e desaparecimento de trabalho rotineiro em manufatura em favor do crescimento de tarefas de maior complexidade nos setores de serviços (JAIMOVICH; SIU, 2012; AUTOR, 2015).

Figura 7. Mudança na demanda por habilidades entre 2020 e 2030.

2020	Hiato de Habilidades	2030
Repetitivo	para	Não-repetitivo
Físico	para	Digital
Não-técnico	para	Técnico (STEM)
Não-cognitivo	para	Cognitivo
Básico humano	para	Distintivo humano
Baixa habilidade	para	Média/alta habilidade

Fonte: tradução livre de Willcocks (2020).

A mudança entre setores motiva a transição de habilidades físicas para digitais, e aumento das habilidades técnicas em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (*Science, Technology, Engineering e Mathematics – STEM*). As habilidades são necessárias para profissionais que desenvolvam sistemas de automação e se aproveitem dos ganhos de produtividade na interação e complementação do seu trabalho.

Limitações na introdução de tecnologias de automação tornam habilidades distintivamente humanas mais importantes em relação às demais. Tarefas que não podem ser substituídas são, em geral, complementadas pelas máquinas. O estado incipiente das pesquisas de automação ainda limita a previsão precisa de quais ocupações sofrerão com maior substituição de tarefas e quais crescerão em quantidade e importância.

Autor (2015) considera que quando a automação torna algumas tarefas mais confiáveis, baratas ou rápidas, aumenta-se o valor das tarefas remanescentes no processo de produção. Os ganhos de produtividade podem aumentar a demanda por profissionais na ocupação, necessitando de mais trabalhadores com habilidades específicas.

Essas habilidades podem incluir tanto *hard skills* específicos para desenvolvimento e trabalho em um ambiente automatizado, quanto *soft skills* necessárias para a gestão e relacionamento entre equipes. Pode-se assim maximizar o aproveitamento de habilidades distintivamente humanas, como: capacidade de liderança, empatia, conhecimento tácito, interação social, motivação e criatividade (WILLCOCKS, 2020).

Segundo o relatório do Comitê de Estudos Avançados sobre o Futuro do Trabalho, por Maciente *et al.* (2018), é consenso a existência de elevados custos de transição para um mercado de trabalho em automação, demandando esforços de coordenação para mitigar esses custos. Assim, é papel das universidades, escolas de governo e responsáveis pela gestão de pessoas ofertar e incentivar a participação em programas de capacitação visando os grupos de habilidades.

Com base na taxonomia de habilidades ocupacionais de Maciente *et al.* (2019), sugere-se habilidades de *hard skills* e *soft skills* a serem estimuladas. Em *hard skills*, recomenda-se o foco no desenvolvimento de habilidades cognitivas e de tecnologia da informação. Dentre as habilidades cognitivas pode-se colocar o domínio da língua escrita, nacional e estrangeira, a fim de facilitar o aprendizado e disseminação de tecnologias de automação.

A fluência em idiomas estrangeiros facilita a nacionalização de experiências internacionais de sucesso. Tecnologias desenvolvidas a nível internacional são, em sua grande maioria, comunicadas e implementadas na língua inglesa. Parte das soluções são disponibilizadas em códigos *open source*, ou seja, com possibilidade de adaptação livre e com baixo custo para as necessidades específicas de cada função.

Uma segunda habilidade cognitiva se expressa por meio do domínio de metodologias de pesquisa e avaliação de políticas públicas. Tais habilidades fomentam a capacidade de interpretação de evidências empíricas que permitem aprender com experiências de sucesso, sem a necessidade de reinventar ou adotar soluções nunca testadas e com potencial risco de gerar custos desnecessários. Diminui a subjetividade da tomada de decisão e melhora processos de planejamento a longo prazo.

Uma terceira habilidade cognitiva recomendável é o aprendizado de lógica de programação. Países como Austrália, Singapura e Filipinas reconhecem a necessidade de habilidades de programação no futuro do mercado de trabalho, realizando investimentos na educação desde a infância. A recomendação de capacitar os servidores em lógica de programação considera que a maioria servidores pode não precisar construir as

ferramentas, mas se beneficiar pela identificação de oportunidades para introdução de tecnologias de automação que facilitem e agilizem o trabalho diário.

Soft skills incluem as habilidades gerenciais, de relacionamento interpessoal e artísticas. Maciente (2016) vê a importância das habilidades gerenciais para coordenar e administrar pessoas e recursos, incluindo conhecimento em administração, contabilidade e economia. Como relacionamento interpessoal entende-se a capacidade para a gestão de conflitos e para o trabalho em equipe, que permitem conduzir discussões face a face, com responsabilidade sobre a segurança dos outros e foco na obtenção de resultados. As habilidades artísticas estão relacionadas à inovação, criatividade e às belas artes, indispensáveis para proposição de soluções em desafios de alta complexidade.

Um segundo grupo de recomendações são derivadas da análise da relação entre aposentadoria dos servidores e automação. A transição demográfica da população brasileira pode colocar mais pressão sobre os serviços públicos. O número crescente de idosos de baixa escolaridade e pouca capacidade laboral, com poucas reservas acumuladas para financiar o consumo no final do ciclo de vida poderá exigir a expansão de transferências de renda e serviços públicos voltados aos mais velhos (TURRA, 2018). Dentre as áreas prioritárias pode-se esperar maior demanda nos setores de saúde e previdência.

Ao mesmo tempo, o envelhecimento dos servidores pode gerar déficits na força de trabalho. O estudo ofereceu aproximações de que metade dos servidores do Executivo federal poderá se aposentar entre 2030 e 2035. Um quarto dos servidores atingirão a idade compulsória para aposentadoria de 75 anos, deixando em aberto cargos que exigirão reposição para manutenção da estrutura atual.

Uma forma de mitigar a necessidade de reposição de servidores se dá por incentivar a manutenção dos servidores trabalhando por mais tempo. No Executivo federal, a idade média de aposentadoria está em 62 anos para homens e 60 anos para as mulheres. Segundo o estudo da OECD (2019), *Pensions at a Glance 2019*, a média de idade de

aposentadoria nos países desenvolvidos varia entre 62 e 67 anos, com tendência de aumento em 1,9 anos até 2060, e eliminação das diferenças entre gêneros.

Na mesma linha, o Executivo federal brasileiro passa pelo progressivo aumento nas idades mínimas e compulsórias para aposentadoria, e redução das diferenças nas regras para homens e mulheres. Além disso, oferece incentivos financeiros de adiamento de aposentadoria com o objetivo de reter os servidores por mais tempo e postergar o duplo gasto com ativos e inativos. Porém, tais estratégias são limitadas pelas condições de saúde e produtividade reduzidas em idades avançadas.

As tecnologias de automação podem ajudar a conciliar o desafio de aumento nos déficits de servidores em áreas específicas. As análises mostram que dos 520 mil servidores ativos analisados, 232,4 mil, ou 44,7%, estarão aptos a se aposentar a partir de 2030.

Se for considerado que os servidores aposentados em ocupações de alta propensão à automação poderão ser substituídos por soluções tecnológicas, diminui-se o déficit em 53,6 mil servidores, com 178,8 mil cargos em aberto. Ainda, supondo que exista perfeita mobilidade entre os cargos, o déficit poderia ser coberto pela realocação de servidores ativos em ocupações propensas à automação, reduzindo o número de cargos com necessidade de reposição para 127,8 mil.

A legislação que dispõe sobre o regime jurídico dos servidores do Executivo federal, como a Lei nº 8.112/1990, busca dar segurança contra arbitrariedades e evitar o desvio de funções compostas pela descrição dos cargos, mas também pode criar restrições para a realocação dos servidores. A modernização da legislação e da descrição dos cargos está além da abrangência dessa pesquisa, mas deve participar de discussões futuras sobre a automação das tarefas que competem ao setor público.

Políticas públicas podem ser pensadas para amortecer os custos de transição de trabalhadores entre as ocupações, aliviando os efeitos negativos da automação. Por exemplo, a pesquisa identificou maior impacto da automação sobre as mulheres, que já possuem desvantagens salariais em relação aos servidores homens. Parte dessa

desigualdade pode ser explicada pela maior concentração de mulheres em ocupações com menor remuneração, como auxiliares de limpeza, cozinha e enfermagem, e menor concentração em cargos de direção e auditoria. As razões para o viés de seleção das mulheres para ocupações de menor remuneração no setor público merece melhor investigação em pesquisas dedicadas ao tema.

Maiores discussões são necessárias sobre os impactos orçamentários da automação, incluindo seus custos de desenvolvimento e implementação. Sugere-se que pesquisas futuras aprofundem as perspectivas de automação mapeando *in loco* as oportunidades de inovação e desenvolvendo soluções técnicas viáveis para o setor público. Ao fim, a automação é feita por pessoas que identificam oportunidades, desenvolvem soluções, convencem e capacitam os usuários a adotar as tecnologias. Nessas tarefas não há perspectivas para a substituição do trabalho humano.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Qual será o impacto da automação no futuro do emprego do setor público? Para responder à questão, a pesquisa analisou os dados de 521 mil servidores civis do Executivo federal, identificando as ocupações com maior propensão à automação. Para isso, desenvolveu-se o método *Bartik Occupational Tasks* – BOT usando algoritmos de *Natural Language Processing* e de *Machine Learning*.

A aplicação do método trouxe resultados consistentes com as tendências de automação apontadas em estudos realizados para os Estados Unidos e demais países da OCDE (FREY; OSBORNE, 2017, ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016), com a vantagem de se basear exclusivamente em dados do mercado de trabalho, sem o uso de classificações subjetivas, *surveys* ou denominações *ad hoc*.

Estimou-se que 20% do total de servidores do Executivo federal encontram-se em ocupações com elevado potencial a terem suas tarefas atribuídas à sistemas automatizados nas próximas décadas. Em termos orçamentários, relativo a dezembro de 2017, os servidores em ocupações potencialmente automatizáveis receberam remuneração de R\$ 594,85 milhões do total de R\$ 5,17 bilhões, ou seja, 11,5%.

Os relatórios buscaram refinar a análise dos impactos da automação sobre os servidores ao analisar o perfil dos impactos da automação, trazendo evidências para discussão da sua relação com diferenças de gênero, qualificação, remuneração e idade dos servidores. Encontrou-se um efeito superior da automação sobre as ocupações com maior presença feminina. Das 232 mil mulheres, 48,1 mil estão em ocupações de alta propensão à automação, ou seja, 20,7%. Para os homens, esse número é de 56,6 dos 290 mil, representando 19,5%.

Realizou-se uma aproximação da previsão de aposentadoria dos servidores do Executivo federal com uma versão simplificada das regras vigentes. Dos 520 mil servidores ativos analisados, 232,4 mil, ou 44,7%, estarão aptos a se aposentar a partir de 2030. Os resultados mostraram que as tecnologias de automação podem ajudar a conciliar o desafio de aumento nos déficits de servidores em áreas específicas. Supondo que exista perfeita mobilidade entre os cargos, o déficit poderia ser coberto pela realocação de servidores ativos em ocupações propensas à automação, reduzindo o número de cargos com necessidade de reposição para 127,8 mil. Sem mobilidade e automação, esse déficit pode chegar a 232,4 mil em 2030, e 345,9 mil em 2040.

A pesquisa mostrou o maior impacto da automação sobre servidores de menor escolaridade, que, em geral, executam tarefas de menor complexidade. A automação aumenta a necessidade e importância de habilidades de alta complexidade, que podem resultar em um hiato se não desenvolvidas adequadamente. Essas habilidades podem incluir *hard skills* específicos para o trabalho em um ambiente automatizado, assim como *soft skills* necessárias para a gestão e relacionamento entre equipes.

REFERÊNCIAS

ADAMCZYK, W. B. Impacto da Automação no Executivo Federal no Brasil – Relatório 2. Escola Nacional de Administração Pública – ENAP, Brasília, 2020a.

ADAMCZYK, W. B. Impacto da Automação no Executivo Federal no Brasil – Relatório 3: aspectos sociodemográficos e previdenciários. Escola Nacional de Administração Pública – ENAP, Brasília, 2020b.

ADAMCZYK, W. B.; FRANÇA, M. T.; FOCHEZATTO, A. Technological Unemployment in Brazil: effects of automation on job market occupations. **Anais do 47º Encontro Nacional de Economia**, v. 47, 2019.

ALBUQUERQUE, P. H. M.; SAAVEDRA, C. A. P. B.; MORAIS, R. L. de; ALVES, P. F.; PENG, Yaohao. **Na era das máquinas, o emprego é de quem? Estimação da probabilidade de automação de ocupações no Brasil**. Texto para Discussão n. 2457. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2019b.

ALBUQUERQUE, P. H. M.; SAAVEDRA, C. A. P. B.; MORAIS, R. L. de; PENG, Yaohao. The Robot from Ipanema goes Working: Estimating the Probability of Jobs Automation in Brazil, **Latin American Business Review**, 20:3, 227-248, 2019b.

AMARAL, F. V. A.; GIAMBIAGI, F.; CAETANO, M. A. R. O fundo previdenciário dos servidores da União: resultados atuariais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 43, n. 1, p. 119-160, 2013.

ARNTZ, Melanie; GREGORY, Terry; ZIERAHN, Ulrich. The risk of automation for jobs in OECD countries. **OECD Social, Employment and Migration Working Papers**, No. 189. Paris: OECD Publishing, 2016.

ARNTZ, Melanie; GREGORY, Terry; ZIERAHN, Ulrich. Revisiting the risk of automation. **Economics Letters**, v. 159, p. 157-160, 2017.

AUTOR, D. Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. **Journal of Economic Perspectives**, v. 29, n. 3, p. 3-30, 2015.

BARTIK, T. J. **Who Benefits from State and Local Economic Development Policies?** Kalamazoo, Michigan: W. E. Upjohn Institute for Employment Research, 1991.

BLANCHARD, O. J; KATZ, L. F. Regional Evolutions. **Brookings Papers on Economic Activity**, v. 1, p. 1-75, 1992.

BRASIL, MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. **Classificação Brasileira de Ocupações (CBO)**. Portal Emprega Brasil, 2019. Disponível em: <https://empregabrasil.mte.gov.br/76/cbo/>. Acesso em: 20 de jun. 2020.

CAETANO, M. A., RANGEL, L. A., PEREIRA, E. S., ANSILIERO, G., PAIVA, L. H., COSTANZI, R. N. **O fim do fator previdenciário e a introdução da idade mínima: questões para a previdência social no Brasil**. Texto para Discussão n. 2230. Brasília: Ipea, 2016.

CONCLA, COMISSÃO NACIONAL DE CLASSIFICAÇÃO. **Classificação Brasileira de Ocupações – CBO**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Disponível em: <https://concla.ibge.gov.br/classificacoes/por-tema/ocupacao/classificacao-brasileira-de-ocupacoes.html> . Acesso em: 22 de jun. 2020.

FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. The Future of Employment: how susceptible are jobs to computerisation? **Technological forecasting and social change**, v. 114, p. 254-280, 2017.

GOMIDE, L. B. Adiamento da Aposentadoria Um estudo sobre os Servidores Públicos Federais do Poder Executivo e o Abono Permanência. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Especialização em Gestão de Pessoas, do Curso de Especialização em Gestão de Pessoas no Serviço Público, Escola Nacional de Administração Pública. 2014. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/2665>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Tabela 2072 - Contas econômicas trimestrais, 2020. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2072>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Projeções da População do Brasil e Unidades da Federação por sexo e idade: 2010-2060. Projeções da População, 2018a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html>. Acesso em: 25 de ago. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Indicadores Sociodemográficos Prospectivos para o Brasil 1991-2030, 2006. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv33078.pdf>. Acesso em: 25 de ago. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Tábuas Completas de Mortalidade, 2018b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9126-tabuas-completas-de-mortalidade.html>. Acesso em: 25 de ago. 2020.

INVESTESP. Por que SP. Disponível em: <https://www.investe.sp.gov.br/por-que-sp/>. Acesso em: 23 de nov. de 2020.

JAIMOVICH, N.; SIU, H. E. Job polarization and jobless recoveries. Technical Report, NBER Working Paper No. 18334. **National Bureau of Economic Research**. 2012.

KUBOTA, L. C.; MACIENTE, A. N. Propensão à automação das tarefas ocupacionais no Brasil. **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, v. 61. Brasília: IPEA, 2019.

LOPEZ, F.; GUEDES, E. **Três Décadas de Evolução do Funcionalismo Público no Brasil (1986 – 2017): Atlas do Estado Brasileiro**, v. 2.6.4. IPEA, Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/atlasestado/download/154/tres-decadas-de-funcionalismo-brasileiro-1986-2017> . Acesso em: 22 de jun. 2020.

MACÊDO, L. S. S.; BENDASSOLLI, P. F.; TORRES, T. DE L. Preditores do adiamento da aposentadoria por servidores públicos federais. **Avances en Psicología Latinoamericana**, v. 37, n. 1, p. 151, 2019.

MACIENTE, A. N. A composição do emprego sob a ótica das competências e habilidades ocupacionais. **Nota Técnica nº 60**. Brasília: IPEA, 2016.

MACIENTE, A. N.; CORSEUIL, C.; PATEO, F.; ALMEIDA, M.; MAGALHÃES, M. **Comitê de Estudos Avançados sobre o Futuro do Trabalho - Relatório Final**. Brasília: Ministério do Trabalho, 2018.

MACIENTE, A. N.; RAUEN, C. V.; KUBOTA, L. C. Tecnologias digitais, habilidades ocupacionais e emprego formal no Brasil entre 2003 e 2017. **Mercado de Trabalho: conjuntura e análise**, v. 66. Brasília: IPEA, 2019.

MAGALHÃES, P. B. C.; BUGARIN, M. N. S. Simulações da previdência social brasileira: estudo de caso do Regime Jurídico Único – RJU. **Estudos Econômicos**, v. 34, n. 4, p. 627-659, 2004.

MASCARENHAS, R. A. C.; OLIVEIRA, A. M. R.; CAETANO, M. A. R. **Análise atuarial da reforma da previdência do funcionalismo público da União**. Coleção Previdência Social, n. 21. Brasília: MPS, 2004.

Mercado de tecnologia movimentou R\$ 467,8 bilhões no Brasil em 2017. **Valor Econômico**, 20 de abril de 2018. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2018/04/20/mercado-de-tecnologia-movimentou-r-4678-bilhoes-no-brasil-em-2017.ghtml>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

MOSTAFA, J.; VALADARES, A. A.; SOUZA, M. G. P. S.; REZENDE, M. T.; FONTOURA, N. O. Previdência e gênero: por que as idades de aposentadoria de homens e mulheres devem ser diferentes? **Nota Técnica nº 35**. Brasília: IPEA, 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Pensions at a Glance 2019: OECD and G20 Indicators**. Paris: OECD Publishing, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/b6d3dcfc-en>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

RELAÇÃO ANUAL DE INFORMAÇÕES SOCIAIS – RAIS. **Manual de Orientação da RAIS – ano-base 2018**. Brasília: MTb, SPES, 2019.

RODRIGUES, D. D.; AFONSO, L. E. O impacto da criação do Funpresp sobre os benefícios previdenciários dos servidores públicos federais. **Revista de Administração Pública**, v. 49, n. 6, p. 1479-1505, 2015.

SIAPENET. **Portal Siapenet**. Apresentação. Disponível em: www.siapenet.gov.br/portal/servico/Apresentacao.asp. Acesso em: 14 de nov. 2020.

SCHETTINI, B. P.; PIRES, G.; SANTOS, C. H. **Previdência e reposição no serviço público civil federal do poder executivo: microssimulações**. Texto para Discussão n. 2365. Brasília: IPEA, 2018.

TURRA, C. M. Os Ajustes Inevitáveis da Transição Demográfica no Brasil. *In*: ANDRADE, M.V.; ALBUQUERQUE, E.M. **Alternativas para uma Crise de Múltiplas Dimensões**. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, p. 284–308, 2018.

WILLCOCKS, L. Robo-Apocalypse cancelled? Reframing the automation and future of work debate. **Journal of Information Technology**, n. 2016, 2020.

WEF, WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs**: employment, skills and Workforce strategy for the Fourth Industrial Revolution, 2016.