






Determinantes da manutenção do emprego em tempos de Indústria 4.0: o caso da agropecuária no Brasil

Determinants of employment maintenance in times of Industry 4.0: the case of agriculture in Brazil

Tito Lívio Xavier Fernandes¹ , Cassiano José Bezerra Marques Trovão² , Janaina da Silva Alves² , Armando Fornazier³ , Alice Aloísia da Cruz² 

¹Programa de Pós-graduação em Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal (RN), Brasil. E-mail: titoliviox@gmail.com

²Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal (RN), Brasil. E-mails: cassiano.trovaio@ufrn.br; janaina.alves@ufrn.br; alice.cruz@ufrn.br

³Programa de Pós-graduação em Agronegócios, Universidade de Brasília (UnB), Brasília (DF), Brasil. E-mail: fornazier@unb.br

Como citar: Fernandes, T. L. X., Trovão, C. J. B. M., Alves, J. S., Fornazier, A., & Cruz, A. A. (2024). Determinantes da manutenção do emprego em tempos de Indústria 4.0: o caso da agropecuária no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 62(4), e274589. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.274589>

Resumo: O advento das tecnologias de informação e comunicação pode ocasionar desajustes entre a oferta e a demanda de força de trabalho. Estudos recentes evidenciam que, no Brasil, um dos setores que tendem a ser mais impactados por processos de automação é o setor da agropecuária. O objetivo é investigar os fatores que influenciam a manutenção do emprego no setor agropecuário, introduzindo um fator explicativo inovador: as probabilidades de automação associadas a diferentes ocupações, conforme proposto por Frey & Osborne (2013), e adaptadas ao mercado de trabalho brasileiro por Lima et al. (2019). Na análise, utilizam-se os dados da RAIS de 2019. Os resultados apontam que o tempo de vínculo e a remuneração exercem um impacto positivo na probabilidade de um indivíduo permanecer empregado. No entanto, ocupações com alta probabilidade de automação apresentam uma probabilidade esperada 6,66% menor de manutenção do emprego para os trabalhadores quando comparadas às ocupações de baixa probabilidade de automação. Adicionalmente, indivíduos com graduação apresentam uma probabilidade 11,21% maior de manter o emprego em comparação com aqueles com apenas o ensino fundamental. Conclui-se que as estimativas reforçam a necessidade de investimentos em qualificação profissional para dotar os trabalhadores de habilidades alinhadas às necessidades da agropecuária contemporânea.

Palavras-chave: regressão logística, Indústria 4.0, manutenção do emprego, automação.

Abstract: The advent of information and communication technologies can lead to imbalances between labor supply and demand. Recent studies indicate that in Brazil, one of the sectors most likely to be affected by automation processes is agriculture. The objective is to investigate the factors that influence job retention in the agricultural sector, introducing an innovative explanatory factor: the probabilities of automation associated with different occupations, as proposed by Frey & Osborne (2013) and adapted to the Brazilian labor market by Lima et al. (2019). Our analysis used data from RAIS 2019. The results highlight that seniority and remuneration have a positive impact on the probability of an individual remaining employed. However, workers in occupations with a high probability of automation face an expected probability 6.66% lower to retain their jobs compared to those in low-probability automation occupations. Additionally, individuals with a degree have an 11.21% higher probability of maintaining employment compared to those with only a fundamental education. It is concluded that the estimates reinforce the need for investments in professional qualifications to provide workers with skills aligned with the contemporary agricultural needs.

Keywords: logistic regression, Industry 4.0, job retention, automation.



1. Introdução

Por volta do século XVII, emerge a primeira revolução industrial, um processo caracterizado pelo uso intensivo de motores a vapor e pela concentração do processo de produção dentro das fábricas. A segunda revolução industrial, ocorrida em meados do século XIX, foi viabilizada pela eletricidade e pelo surgimento dos motores à combustão e pela implantação de linhas de produção nas fábricas automotivas, o que permitiu aumentar as escalas de produção, alterando a forma de organização do trabalho. Esse processo ficou conhecido como fordismo. Finalmente, na metade do século XX, tem-se a terceira revolução industrial com base no surgimento do primeiro controlador lógico programável (CLP), que permitiu a automação baseada na programação de sistemas digitais (Drath & Horch, 2014). Como se pode perceber, as inovações sempre se fizeram presentes para revolucionar a forma de organização social em torno da produção. Com o advento do capitalismo industrial, o próprio mundo do trabalho foi revolucionado.

A inserção dessas novas tecnologias nos processos produtivos pode causar desajustes entre a oferta e a demanda de força de trabalho. Nos tempos modernos, ainda não se sabe quais ocupações irão desaparecer e quais irão surgir com o avanço tecnológico. A amplitude do impacto das tecnologias disruptivas no mercado de trabalho ainda é incerta (Anthes, 2017).

Na busca por compreender as causas e as consequências desse fenômeno, estudos internacionais indicam que até 47% das ocupações dos EUA possuem alta probabilidade de automação nas próximas décadas (Frey & Osborne, 2017). No Brasil, um recente estudo realizado pelo Laboratório do Futuro da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), desenvolvido por Lima et al. (2019), concluiu que o futuro do emprego no Brasil poderá ser fortemente abalado pelo processo de automação. Segundo esse estudo, 60% dos trabalhadores encontram-se em ocupações que possuem probabilidades de automação maior que 70%, ou seja, boa parte dos trabalhadores poderá ser substituída por soluções automatizadas nas próximas décadas.

Nesse sentido, Lima et al. (2019) indicam que o setor da agropecuária deverá ser o mais impactado, pois 79% dos trabalhadores formais estão alocados em ocupações que possuem alta probabilidade de automação. Cabe mencionar que os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) mostram que a participação dos vínculos formais na atividade agropecuária elevou-se de 27,45% em 2012 para 34,65% em 2019, enquanto a participação das ocupações informais diminuiu seu peso relativo de 72,55% para 65,35% nesse mesmo período. De forma concomitante, a renda do trabalhador formal da agropecuária cresceu 12,78% no período entre 2012 e 2019, enquanto a renda do trabalhador informal obteve um incremento de apenas 1,34% no mesmo período.

O setor Agropecuário Brasileiro vem passando por transformações significativas desde a década de 1960. O processo de modernização agrícola permitiu ao Brasil sair da condição de importador de alimentos para se tornar um fornecedor mundial (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018). Conforme dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2021), o Brasil é atualmente o maior exportador de carne bovina e de frango, soja em grão, açúcar, suco de laranja e café. O Produto Interno Bruto (PIB) do setor Agropecuário em 2020 atingiu R\$439,84 bilhões (IBGE)¹, o que representa uma participação de 5,9% no PIB do Brasil. Ao considerar toda a cadeia do Agronegócio², os valores atingiram R\$ 1,979 trilhão (Universidade de São Paulo, 2021), uma participação de 26,6% no PIB do ano de 2020.

¹ Para cômputo do PIB, o IBGE considera apenas os Valores Adicionados (VA) a preços de mercado setor da Agropecuária, o chamado setor primário ou "dentro da porteira".

² O cômputo do PIB do Agronegócio Brasileiro dá-se pelo enfoque do Produto, ou seja, do cálculo do Valor Adicionado a preços de mercado de toda a cadeia produtiva (insumos, agropecuária, indústria e serviços).

Desse modo, entender os determinantes da manutenção no emprego dos trabalhadores no mercado de trabalho formal do setor Agropecuário, em um contexto de profundas transformações tecnológicas, mostra-se essencial para que a sociedade consiga se apropriar dos benefícios das inovações do setor em prol da coletividade. Os estudos empíricos acerca dessa temática são concentrados em países desenvolvidos na fronteira tecnológica (Silva, 2018). Embora pesquisas apontem que o processo de modernização agrícola tenha contribuído para a criação de novos vínculos formais de emprego no Brasil (Bernardelli et al., 2018, 2020), estudos que buscam entender a relação entre tecnologia e perfil ocupacional para a manutenção dos empregos no setor ainda são escassos em países subdesenvolvidos e distantes da fronteira tecnológica.

Diante do exposto, o objetivo do presente artigo é investigar os determinantes da manutenção do emprego no setor agropecuário no Brasil em tempos de indústria 4.0. Para tanto, utilizam-se as probabilidades de automação das ocupações calculadas por Frey & Osborne (2013) e adaptadas para o mercado de trabalho brasileiro por Lima et al. (2019) como *proxy* para captar o efeito das transformações tecnológicas sobre a permanência no emprego dos trabalhadores desse setor no Brasil. A hipótese central é que trabalhadores associados a ocupações com alta probabilidade de automação têm menores probabilidades de estarem empregados quando comparados àqueles em ocupações de baixa e média probabilidades de automação.

Para isso, utiliza-se um modelo de regressão logística com intuito de estimar a probabilidade de determinado trabalhador apresentar vínculo ativo em 31 de dezembro do ano de análise, dado um conjunto de variáveis explicativas de controle, cujo referencial teórico será tratado nas próximas seções. A principal contribuição do artigo é utilizar as probabilidades de automação da ocupação como variável explicativa da probabilidade de permanência no emprego de trabalhadores do setor agropecuário para as cinco grandes regiões brasileiras. A base de dados utilizada foi a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) de 2019. O valor das probabilidades associadas às ocupações do setor foi definido segundo o estudo de Lima et al. (2019).

O presente artigo está estruturado em cinco seções, incluindo esta breve introdução. Na segunda seção, realiza-se uma revisão da literatura relacionada às temáticas que sustentam este estudo. Na terceira, apresenta-se a metodologia e a base de dados utilizadas. A quarta foca nas estatísticas descritivas e na análise dos resultados principais. Finalmente, a última seção traz as considerações finais.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Indústria 4.0 e Agricultura 4.0

Em 2011, na feira de Hannover, a chanceler alemã Ângela Merkel apresentou ao mundo o plano que iria ficar conhecido como Indústria 4.0. De acordo com Merkel, “é a transformação completa de toda a esfera da produção industrial através da fusão da tecnologia digital e da internet com a indústria convencional”. Esse processo pode ser caracterizado pelo intenso uso de tecnologias disruptivas como Internet das Coisas (*IoT*), Realidade Virtual, Robótica e Inteligência Artificial (*IA*) (Schwab, 2019).

Nesse sentido, as Tecnologias da Informação e Comunicação (*TICs*) são as forças motoras centrais das transformações que o mundo tem vivenciado no século XXI. Esse novo modelo de organização produtiva está baseado em sistemas Cyber-Físicos (*CPS*), que emergem como resultado da concatenação do mundo físico com o mundo virtual. Tecnologias como *IoT*, *big data*, *robótica* e *IA*, permitem a criação de sistemas de aprendizado e de sincronização entre agentes e dispositivos no processo produtivo (Xu et al., 2018). Nesse cenário, robôs dotados

de inteligência artificial, com capacidades de aprendizado e coordenação motora fina, podem executar uma ampla variedade de trabalhos manuais e rotineiros (Schwab, 2019).

A adoção dessas novas tecnologias não está restrita ao setor industrial. As *TICs* têm sido amplamente incorporadas em diversos setores da economia, incluindo o setor agropecuário. Essas novas tecnologias estão revolucionando a agricultura, trazendo ganhos de eficiência e sustentabilidade para o setor (Massruhá & Leite, 2017). Esse movimento é o que tem sido amplamente denominado de Agricultura 4.0.

Para Javaid et al. (2022), o uso de tecnologias como *IoT*, *machine learning* e *big data* permite a prática da chamada agricultura inteligente, o que proporciona otimização da relação insumo-produto por meio de instrumentos de análise, planejamento e monitoramento. Essas tecnologias estão embarcadas em dispositivos como *drones* ou Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS), que são amplamente empregados no monitoramento de culturas, detectando pragas, aplicando fertilizantes e gerando grandes quantidades de dados para modelos preditivos. Isso permite que os agricultores antecipem infestações de pragas, avaliem o impacto das variações climáticas na produtividade e tomem decisões mais bem qualificadas.

2.2 Impactos da automação no mercado de trabalho brasileiro

Segundo a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), em 2021, o Brasil encontrava-se na 57ª posição no índice global de inovação. Na América Latina, o Brasil posicionava-se em 4º lugar, atrás do Chile, do México e da Costa Rica. Como base nesse ranking, o Brasil encontrava-se bem longe da fronteira tecnológica, ao menos do ponto de vista de sua capacidade inovativa.

De acordo com Salama (2018), o emprego e a renda nos países em desenvolvimento podem ser relativamente mais impactados de forma negativa pelos avanços das tecnologias em relação aos países desenvolvidos. Países emergentes e distantes da fronteira tecnológica como o Brasil são normalmente usuários dependentes de tecnologias. Mais que isso, possuem em sua pauta exportadora produtos de baixa complexidade.

Conforme Thirlwall (2005), a taxa de crescimento compatível com o equilíbrio do balanço de pagamentos é a razão entre a taxa de crescimento das exportações e a elasticidade-renda da demanda de importações. Quanto maior a elasticidade-renda da demanda por importações e quanto menor a elasticidade-renda das exportações, menor será o crescimento compatível com o equilíbrio do balanço de pagamentos, impactando a capacidade dessa economia de gerar empregos e melhorar a renda de maneira sustentada.

Diante do perigo iminente que a automação pode causar nos países em desenvolvimento, um recente estudo realizado pelo Laboratório do futuro da UFRJ (Lima et al., 2019) mostra que o futuro do emprego no Brasil será fortemente abalado pelo processo de automação. Estima-se que 60% dos trabalhadores do Brasil estão em ocupações que possuem probabilidades de automação maior que 70%, ou seja, boa parte dos trabalhadores poderão ser substituídos por máquinas. Para utilizar as probabilidades de automação calculadas por Frey e Osborne, esse estudo fez uma conversão entre a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) e a O*Net para adequar as estimativas às ocupações brasileiras. Das 2.614 ocupações da CBO, 2.526 tinham pelo menos um vínculo ativo. Dentre esses, conseguiu-se correspondência na tabela de Frey & Osborne (2013) para 2.097 ocupações.

Adamczyk et al. (2020) estimaram o impacto da automação no setor público federal brasileiro e concluiu que 20% do total de servidores encontra-se em ocupações com alta probabilidade de automação. Nesse sentido, Albuquerque et al. (2019) replicaram a metodologia de Frey e Osborne e ouviram 69 especialistas em aprendizado de máquina. Os autores verificaram que

54,5% dos 45,9 milhões de trabalhadores formais estão em ocupações com risco alto ou muito alto de serem substituídos por processos automatizados. Esse estudo aponta, ainda, que o setor agropecuário será um dos mais impactados pela intensificação da automação.

2.3 Modernização no setor da Agropecuária brasileira: histórico e impactos no mercado de trabalho.

A partir da década de 1960, o setor agropecuário brasileiro passou por grandes transformações. Técnicas rudimentares de produção, caracterizadas por baixa produtividade total dos fatores, deram espaço a um conjunto de instrumentos voltados para a modernização do setor (Pinto & Coronel, 2015). Como destacam Conceição & Conceição (2014), dentre os instrumentos mais importantes para esse processo estão o crédito subsidiado, a extensão rural e a pesquisa agropecuária.

O crédito subsidiado foi utilizado principalmente para a aquisição de máquinas, fertilizantes e equipamentos agrícolas. Esse avanço no volume de crédito permitiu a mecanização do setor e o estreitamento da relação entre agricultura e indústria (Souza & Khan, 2019). A Figura 1 traz a evolução das vendas de máquinas agrícolas. Segundo Baricelo (2015), essa oscilação na demanda por máquinas desse tipo está correlacionada com a disponibilidade de crédito e se divide em três períodos: 1) 1969 a 1977 - Expansão do crédito agrícola; 2) 1980 a 1996 - Instabilidades macroeconômicas e retração no volume de crédito; e 3) 1996 a 2013 - Retomada da concessão de crédito.

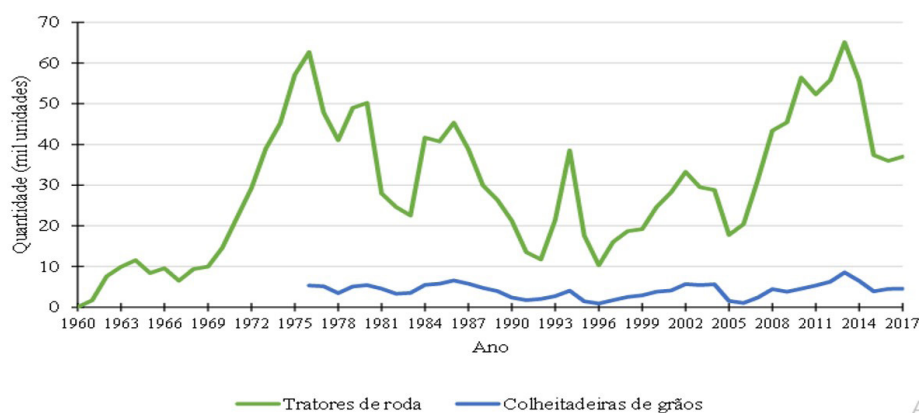


Figura 1 – Evolução das vendas internas de tratores e colheitadeiras no Brasil entre 1960 e 2017. Fonte: Silva & Winck (2019, p. 189)

Em relação à extensão rural e à pesquisa agrícola, foi consolidado o entendimento de que não bastava apenas o Brasil expandir a área cultivada, era preciso, também, incrementar a produtividade da terra. Nesse sentido, criou-se a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) em 1973 e promoveu-se o aumento dos cursos de pós-graduação voltados para o setor da Agropecuária (Alves et al., 2008).

Esse processo de modernização agrícola elevou de maneira significativa a produção agrícola, acentuando as exportações e contribuindo para o dinamismo econômico do país (Bernardelli et al., 2018). Na base desse aumento de produtividade estavam os avanços tecnológicos e os avanços na engenharia genética (Pissinato, 2013). Segundo Alves et al. (2005), a produtividade da mão de obra, da terra e do capital cresceu no período entre 1975 e 2000 a taxas respectivamente, de 3,4%, 3,8% e 2,7% ao ano.

No entanto, autores como Buainain & Dedecca (2010) destacam que, apesar do crescimento da produtividade total dos fatores, as atividades agropecuárias diminuíram a absorção direta de mão de obra. Por outro lado, concomitantemente, houve aumento do trabalho formal no setor ao longo das últimas décadas, o que possibilitou um aumento do número de trabalhadores com acesso ao sistema de proteção social brasileiro (Sakamoto & Maia, 2022).

Tabela 1 - Tipo de Vínculo e Renda dos Ocupados no setor da Agropecuária, Brasil 2012-2019

		2012		2015		2019		Variação (%)		
		N	%	N	%	N	%	2012-2015	2015-2019	2012-2019
Vínculo*	Formal	2.805.564	27,45	2.785.317	30	2.981.632	34,65	-0,72	7,04	0,627
	Informal	7.413.594	72,55	6.498.420	70	5.621.264	65,35	-12,34	-13,49	-24,17
	Total	10.219.158	100	9.283.737	100	8.602.896	100	-9,15	-7,33	-15,81
Renda	Formal	1.986,00		2.155,00		2.240,00		8,5	3,94	12,78
Média**	Informal	965,00		942,00		978,00		-2,38	3,82	1,34

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos microdados da PNAD anual (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014). Nota: *Formal refere-se aos ocupados do setor que contribuem para a previdência social e Informal refere-se aos ocupados que não contribuem; **Rendimento mensal efetivo de todos os trabalhos para pessoas de 14 anos ou mais de idade, valores deflacionados a preços médios de 2021 pelo IPCA.

A Tabela 1 mostra essa tendência de redução da População Economicamente Ativa – PEA ocupada³ na Agropecuária, assim como o crescimento do emprego formal no setor. É importante destacar que esse crescimento da formalidade possui impactos distintos entre os trabalhadores dos diversos segmentos dessa atividade econômica. Alguns deles, como é o caso da cultura de cana-de-açúcar, em geral, possuem maior formalização em relação aos demais (Maia & Sakamoto, 2014).

Contudo, a modernização agrícola brasileira aconteceu de forma heterogênea. As regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste alcançaram elevados padrões de modernização, enquanto as regiões Norte e Nordeste continuaram praticando uma agricultura, majoritariamente, de baixos padrões técnicos (Souza & Khan, 2019). Essa dualidade proporcionou, por um lado, a expansão da produção e da produtividade e, por outro, o aumento das desigualdades, da concentração de renda e da marginalização de produtores que não se adequaram às novas formas de produção (Silva, 2019).

Para Fritz Filho & Miguel (2008), o padrão de modernização da agricultura brasileira contribuiu para a intensificação do êxodo rural e o aumento do desemprego no meio rural. Alves et al. (2011), a esse respeito, afirmam que o processo de êxodo rural se intensificou no período compreendido entre 1950-1980, devido à política de industrialização de substituição de importações, o que possibilitou a criação de um diversificado mercado de trabalho urbano que atraía a população rural para as cidades. Com o desaquecimento das políticas de industrialização nas décadas subsequentes, o êxodo rural perdeu seu ímpeto.

Por outro lado, Bernardelli et al. (2020) evidenciam que a inserção de máquinas e equipamentos no campo impactou positivamente o número de empregos formais, a renda média e as ocupações totais no campo. Os avanços tecnológicos na organização produtiva no campo permitiram o aumento da produtividade, mesmo diante da redução da oferta de força de trabalho no meio rural.

³ Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014), "O conceito de trabalho abrange diferentes formas de produção de bens e serviços para consumo próprio ou de terceiros: a) trabalho remunerado em dinheiro, produtos, mercadorias ou benefícios (moradia, alimentação, roupas, treinamento etc.) na produção de bens ou serviços; b) trabalho sem remuneração direta ao trabalhador, realizado em ajuda à atividade econômica de membro do domicílio, que recebe a remuneração pelo trabalho do conjunto do domicílio; c) trabalho na produção de bens e serviços destinados somente ao próprio consumo ou uso das pessoas moradoras do domicílio; d) trabalho voluntário; e) trabalho sem remuneração no cuidado de pessoas; e f) trabalho nos afazeres domésticos." No presente estudo, foram selecionadas apenas as pessoas que estavam ocupadas na Atividade da Agropecuária definidas pelos itens "a" e "b", pois esses contemplam as formas de trabalho que geram, direta ou indiretamente, rendimento para o domicílio.

De maneira concomitante, o processo de modernização agrícola passou a exigir um novo perfil de trabalhador, com maior qualificação e flexibilidade (Balsadi & Del Grossi, 2016). Nos segmentos mais dinâmicos do setor, competências de menor qualificação como manuseio de instrumentos como foices e enxadas, têm sido cada vez menos exigidas. Por outro lado, habilidades relacionadas a maior qualificação, como a operação de máquinas e tratores e o manuseio de produtos químicos, são mais demandadas (Firmiano, 2018).

No entanto, embora a agricultura moderna demande um perfil mais qualificado de trabalhador, a oferta de força de trabalho permanece com baixos níveis de qualificação. Silva et al. (2021b), a esse respeito, apontam que, no período entre 2011 e 2015, quase 75% dos trabalhadores no setor agropecuário não tinham o ensino fundamental completo. Esse descasamento entre o perfil da força de trabalho demandada e a ofertada provoca uma verdadeira polarização no segmento formal do mercado de trabalho, resultando em um setor que emprega poucos trabalhadores qualificados e muitos com baixa qualificação (Sakamoto & Maia, 2022).

2.4 Ocupações no setor da Agropecuária

O Quadro 1 apresenta a distribuição das ocupações com maiores participações no total do setor Agropecuário Brasileiro para os anos de 2003, 2010 e 2019. Nota-se que, a maior parte das ocupações do setor são de baixa complexidade e podem ser exercidas por um perfil de trabalhador que possui baixa qualificação. Por outro lado, ocupações como Tratorista Agrícola, Motorista de Caminhão e Operador de Máquinas de beneficiamento vêm ganhando maior participação no total das ocupações. Cabe salientar que o exercício dessas ocupações requer um constante aperfeiçoamento por parte do trabalhador. As máquinas e equipamentos agrícolas contemporâneos possuem alta tecnologia embarcada em seus modelos, o que exige competências como capacidade de configuração de *software* dos equipamentos e interpretação de relatórios de operação (Affonso, 2017).

Quadro 1 - Distribuição das principais ocupações do setor Agropecuário – Brasil

CBO	Ocupação	Vínculos			Posição		
		2008	2010	2019	2008	2010	2019
621005	Trab. Agrop. em Geral	327.577	348.699	321.735	1	1	1
622110	Trab. volante da Agricultura	92.799	103.149	115.145	2	2	2
622020	Trab. da cultura de cana-de-açúcar	91.936	79.215	37.877	3	4	7
623110	Trab. da pecuária (bovino de corte)	71.147	82.069	80.082	4	3	4
622505	Trab. o cultivo em arvores frut.	66.527	45.524	72.466	5	6	5
641015	Tratorista agrícola	50.006	71.996	88.582	6	5	3
782510	Motorista de caminhão	22.045	40.039	43.537	9	7	6
623310	Trab da avicultura de postura	16.091	22.529	29.454	13	11	9
641010	Op. Máq. Benef.	7.078	14.421	33.876	22	15	8
	Outras	462.466	601.956	646.427	-	-	-
	Total	1.207.672	1.409.597	1.469.181	-	-	-

Fonte: Elaborada pelos autores com base na RAIS – MTE.

Em relação à análise do rendimento médio do trabalho segundo Probabilidade de Automação da Ocupação, podemos verificar que os maiores rendimentos médios estão situados no grupo de trabalhadores associados a ocupações com baixa probabilidade de automatização no setor

(Ver Tabela 2). Conforme Lima et al. (2019), esse grupo é também o que apresenta, em média, os maiores índices de escolaridade.

Tabela 2 – Renda média por probabilidade de automação setor da Agropecuária – 2019.

Probabilidade	Quantidade	Renda Média(R\$)
Alto	1.742.294	1.609,00
Médio	175.313	2.151,00
Baixo	58.079	3.673,00
Total	1.975.686	2.478,66

Fonte: Elaborada pelos autores com base na RAIS.

Portanto, em relação à renda, observa-se que, em 2019, um pequeno grupo de trabalhadores associados a ocupações com baixa probabilidade de automatização (2,93% do total) auferem uma renda 228,27% maior que aqueles associados a ocupações com alta probabilidade de automatização. Essa disparidade salarial entre grupos ocupacionais pode representar uma evidência de polarização no setor conforme já observado por Semin & Örs (2020). Ainda nesse sentido, Balsadi & Silva (2008) apontam que, no Brasil, “novas profissões” como operadores das novas máquinas e implementos agrícolas, especialistas em produção agroecológica e especialistas em inseminação artificial e reprodução animal possuem uma posição diferenciada em termos de remuneração e formalidade.

2.5 Determinantes do Emprego no setor da Agropecuária

O processo de modernização da agropecuária brasileira e seus desdobramentos mais recentes sobre a geração de postos de trabalho na agropecuária levaram a uma redução do emprego informal e a um aumento daqueles protegidos pela legislação trabalhista (formal), conforme observado na Tabela 1. As Figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, o total de vínculos ativos no mercado de trabalho formal, por setor de 2002 até 2019 e o índice de volume com ajuste sazonal para a produção do setor agropecuário e o PIB brasileiro no mesmo período.

Esses dados indicam que, apesar de o emprego formal representar apenas uma parcela do total dos postos de trabalho do setor, do ponto de vista econômico e, também, do mercado de trabalho, o setor continua sendo relevante para o país. Segundo dados da RAIS, entre 2002 e 2019, o estoque de trabalhadores formais na agropecuária passou de aproximadamente 1,14 milhões de pessoas para 1,85 milhões, o que representa um aumento de 62% nesse período.

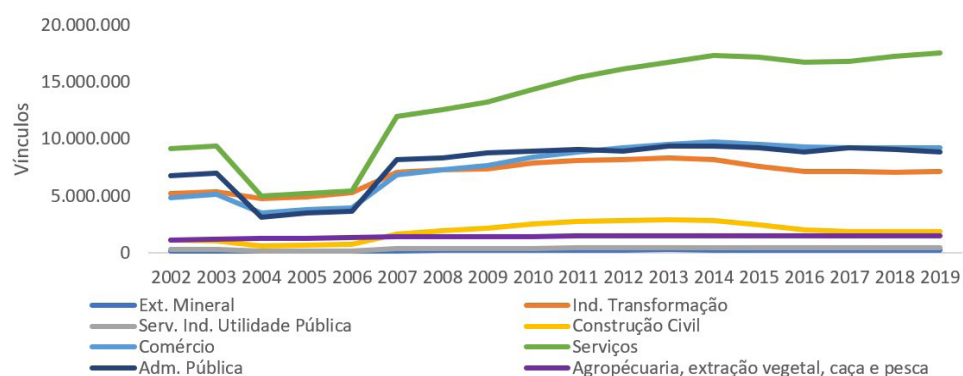


Figura 2 – Quantidade de Vínculos de emprego ativo por setor de 2002-2019. Fonte: Elaborada pelos autores com base na RAIS, 2002-2019.

Em 2019, a agropecuária brasileira produziu mais de R\$ 310 bilhões de reais a preços daquele ano, o que representava cerca de 4,2% do PIB. Chama a atenção o fato de o setor ter mantido sua trajetória de expansão de sua produção ao longo do período de 2002 a 2019 (Ver Figura 3), especialmente após 2015 e 2016, momento em que a economia brasileira passou por uma crise econômica com quedas reais da atividade produtiva.

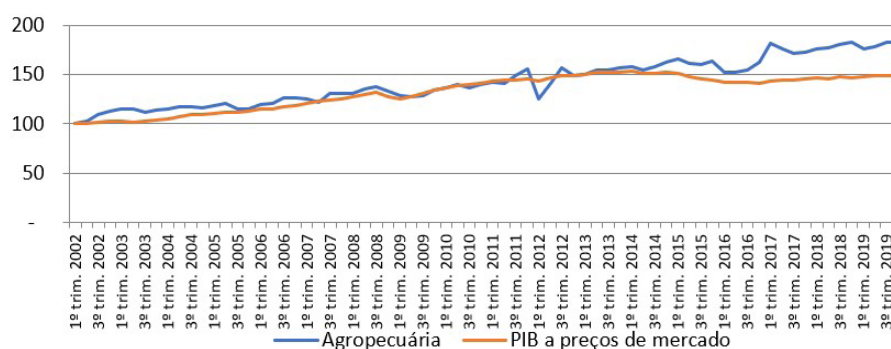


Figura 3 – Série encadeada do índice de volume trimestral com ajuste sazonal (Base: 1º trimestre de 2002 = 100) 2002-2019. Fonte: IBGE-Contas Nacionais.

O desempenho produtivo do setor e sua relação com a geração de emprego e com os salários no setor foi estudada por distintos estudos nos últimos anos. Cardozo & Cunha (2019), por exemplo, procuraram discutir os determinantes do emprego formal e dos salários na agropecuária brasileira, utilizando como variáveis de controle: Sexo, Experiência, Raça, Escolaridade, Tamanho do estabelecimento e região no período de 2007 e 2016. Suas conclusões apontam que as variáveis relacionadas ao capital humano, escolaridade e experiência impactaram positivamente os retornos salariais. Trabalhadores com ensino médio completo recebiam, em média, salários 30,58% maiores em relação a trabalhadores analfabetos.

Outros estudos, como o de Bernardelli et al. (2020), analisaram os impactos do processo de modernização agrícola no rendimento dos trabalhadores, no número de vínculos formais e no número de ocupações totais do setor nos municípios brasileiros. Como variáveis explicativas, utilizaram o número de equipamentos, internet, escolaridade, população, idade e área do estabelecimento. Esse estudo revela que, para o incremento de um equipamento (tratores, implemento e máquinas) a cada cem pessoas, espera-se um aumento de 0,7125% no rendimento médio dos trabalhadores, 2,89% no número de trabalhadores formais e 1,84% no número de ocupações totais do município. No que tange ao impacto da qualificação, o incremento de 1% na escolaridade média do município eleva em média 0,22% o rendimento dos trabalhadores formais. No entanto, uma elevação de 1% na proporção dos trabalhadores sem escolaridade, leva a uma redução média de 2,93% na quantidade de vínculos formais.

Ricardo (2018) investigou os determinantes da severidade do desemprego em áreas rurais do Brasil nos anos de 2005 e 2015. Utilizando dados da PNAD, o estudo investigou os determinantes do desemprego severo (desempregados há mais de um ano) nas áreas rurais do Brasil. Os resultados do modelo *Probit* usado indicaram que indivíduos do sexo masculino e de faixas etárias mais elevadas, possuem chances menores de incorrerem em desemprego severo em relação às mulheres e indivíduos mais novos. Verificou-se também que, quanto maior o nível de escolaridade do trabalhador, menor será a probabilidade de permanência no desemprego severo.

Em perspectiva regional, os resultados mostraram que moradores da Região Sul possuem menores chances, em relação a moradores da Região Nordeste, de incorrerem em desemprego

severo. De modo análogo, Arruda et al. (2016) encontraram resultados semelhantes em estudo específico para a região Nordeste. Os resultados desse estudo revelaram que o perfil com menor probabilidade de incorrer em desemprego severo é o indivíduo homem, idade entre 36 e 45 anos, com nível superior e chefe de família, esse último possui apenas 0,7% de chance de permanência no desemprego severo. No entanto, para indivíduos do sexo feminino, com idade entre 46 e 65 anos, sem instrução e não chefe de família, essa probabilidade chega a 40%.

Após a discussão teórica, a próxima seção apresenta a metodologia que será empregada. Isso incluirá informações essenciais sobre a base de dados utilizada e as variáveis preditoras incorporadas no modelo.

3. Metodologia

3.1 Base de Dados e Variáveis

Para responder ao objetivo proposto, utilizaremos os dados provenientes da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) de 2019, além da base de dados referentes às probabilidades de automação calculadas por Lima et al. (2019, pp. 43-87). É importante destacar que a RAIS reflete apenas uma parcela do segmento formal do mercado de trabalho, uma vez que apenas foram estudados os trabalhadores com carteira assinada em estabelecimentos do setor da agropecuária (agricultura, silvicultura, criação de animais, extração vegetal e pesca) que apresentaram algum empregado em 31/12 ou que tiveram alguma admissão ou desligamento ao longo do ano. Portanto, trabalhadores informais, autônomos e trabalhadores na produção para o consumo, que representam uma parcela significativa da força de trabalho ocupada na agropecuária brasileira, não foram contemplados pelo presente estudo.

A base da RAIS de 2019 total (com vínculos ativos e inativos) contém 66,66 milhões de registros. Para cumprir com o objetivo deste estudo, foram selecionados os trabalhadores ligados ao setor Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca, ou seja, os trabalhadores ligados ao setor primário, também chamado de “dentro da porteira”, o que faz com que a base de dados fique com 2,49 milhões de observações. Após o tratamento dos dados, a base total selecionada para o Brasil ficou com 1.975.686 observações, uma vez que foram mantidos na base somente aqueles que possuíam vínculo ativo e aqueles que foram desligados por rescisão de contrato com ou sem justa causa por iniciativa do empregador. Na sequência, assumiu-se como *proxy* para captar se o indivíduo está empregado ou não, a variável “Vínculo Ativo em 31/12”. Essa variável assume o valor um (1), caso o trabalhador tenha vínculo ativo em 31 de dezembro de 2019 ou zero (0), caso vínculo não ativo.

As variáveis utilizadas no modelo, assim como sua descrição e fonte de dados, estão descritas no Quadro 2. Conforme visto no referencial teórico, a utilização das variáveis: idade, sexo, raça, escolaridade, renda, tempo de emprego e tamanho do estabelecimento são recorrentes na literatura da Economia do Trabalho, assim como também é a variável de região geográfica do local de trabalho, especialmente nos estudos que partem de uma perspectiva macrorregional.

A inserção das variáveis referentes à probabilidade de automação da ocupação representa um avanço na literatura da temática e objetiva servir de *proxy* para captar possíveis repercussões das transformações provocadas pela chamada indústria 4.0 quanto à probabilidade de automação do conjunto das habilidades dos trabalhadores, uma vez que essas podem ser substituídas por soluções automatizadas. Seguindo o proposto por Frey & Osborne (2013), as ocupações foram classificadas em riscos de automatização alto (probabilidade acima de 0,7), médio (probabilidade entre 0,3 e 0,7) e baixo (abaixo de 0,3).

Quadro 2 – Variáveis utilizadas no Modelo.

Variável Dependente	Descrição
Situação Vínculo 31-12	Trabalhador com vínculo ativo em 31/12 = 1; caso contrário = 0
Variáveis Explicativas	
Idade	Idade trabalhador(em anos)
Sexo	Trabalhador do Sexo Masculino = 1; caso contrário = 0
Raça Indígena	Trabalhador da Raça Indígena = 1; caso contrário = 0
Raça Amarela	Trabalhador da Raça Amarela = 1; caso contrário = 0
Raça Parda	Trabalhador da Raça Parda = 1; caso contrário = 0
Raça Preta	Trabalhador da Raça Preta = 1; caso contrário = 0
Probabilidade Média	Ocupação do trabalhador classificada como Probabilidade Média de automação =1; caso contrário=0
Probabilidade Alta	Ocupação do trabalhador classificada como Probabilidade Alta automação =1; caso contrário=0
Escolaridade Médio	Trabalhador c/ Ensino Médio = 1; caso contrário=0
Escolaridade Superior	Trabalhador c/ Ensino Superior = 1; caso contrário=0
Escolaridade PósGraduação	Trabalhador c/ Pós-graduação = 1; caso contrário=0
Renda Faixa 2	Trabalhador c/ Renda na Faixa 2 = 1; caso contrário = 0
Renda Faixa 3	Trabalhador c/ Renda na Faixa 3 = 1; caso contrário = 0
Renda Faixa 4	Trabalhador c/ Renda na Faixa 4 = 1; caso contrário = 0
Renda Faixa 5	Trabalhador c/ Renda na Faixa 5 = 1; caso contrário = 0
Tempo Emprego	Tempo de emprego (em meses)
Tamanho Estab 10 a 49	Estabelecimentos entre 10 e 49 vinculos = 1; caso contrário = 0
Tamanho Estab 50 a 249	Estabelecimentos entre 50 e 249 vinculos = 1; caso contrário = 0
Tamanho Estab 250 a 999	Estabelecimentos entre 250 e 999 vinculos = 1; caso contrário = 0
Tamanho Estab 1000 ou mais	Estabelecimentos com mil ou + vinculos = 1; caso contrário = 0
Centro	Trab. localizado na região Centro-Oeste =1; caso contrário = 0
Norte	Trab. localizado na região Norte =1; caso contrário = 0
Sudeste	Trab. localizado na região Sudeste =1; caso contrário = 0
Sul	Trab. localizado na região Sul =1; caso contrário = 0

Fonte: Elaborado pelos autores. Nota: Categorias de Referência: Sexo Masculino, Raça Branca, Probabilidade Baixa, Escolaridade até fundamental, Renda Faixa 1, Estabelecimento até 10 vínculos, Região Nordeste.

3.2 Modelo de Regressão Logística

No presente estudo, utiliza-se um modelo de regressão logística múltipla, técnica estatística que permite analisar o comportamento de uma variável discreta Y com relação a um conjunto de variáveis explicativas X . No caso em que a variável resposta Y é dicotômica, $E(Y/X)$ representa uma proporção e, portanto, $0 \leq E(Y/X) \leq 1$. Na medida em que a variável explicativa diminui, $E(Y/X)$, gradualmente, aproxima-se de 0 e quando a variável explicativa aumenta, $E(Y/X)$, gradualmente, aproxima-se de 1. Assim, a curva de $E(Y/X)$ tem formato de S (Hosmer Junior et al., 2013).

Com base no descrito por Hosmer Junior et al. (2013), define-se que a variável aleatória binária a ser explicada pode assumir os seguintes valores:

$$Y_i = \begin{cases} 1, & \text{se vínculo ativo em 31 de dezembro} \\ 0, & \text{se vínculo não ativo em 31 de dezembro} \end{cases}$$

Utilizaremos a notação $\pi(x_i) = E(Y_i / x_i)$ para representar a média condicional de Y_i dado o valor $x_i = (1, x_1, x_2, \dots, x_p)^T$ que representa o vetor de características do trabalhador i .

Assim, $\pi(x_i)$ pode ser escrita como:

$$\pi(x_i) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip}}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip}}} \quad (1)$$

Linearizando a função logística por meio da transformação *logit*, temos:

$$\pi(x_i) = \ln\left(\frac{\pi(x_i)}{1 - \pi(x_i)}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip} \quad (2)$$

Essa função (2) também é chamada de função de regressão logística linear. Ela pode ser interpretada como a probabilidade do i -ésimo trabalhador estar com o vínculo ativo em 31 de dezembro. Tal função mantém as propriedades associadas ao modelo de regressão linear (Hosmer Junior et al., 2013). A função *logit* transforma a probabilidade de variáveis respostas dicotômicas em uma escala contínua que pode ser modelada por meio de uma regressão linear. Para estimar o vetor $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)$ que representa os parâmetros do modelo, foi utilizado o método da máxima verossimilhança.

Após estimar os coeficientes do modelo, esses não devem ser interpretados de forma direta, como no caso de uma regressão linear. Para tanto, devem ser utilizados os efeitos marginais, pois esses representam a variação da probabilidade de o evento ocorrer, quando uma variável explicativa é modificada (Greene, 2003). Esse efeito marginal de X_j sobre a probabilidade Y será diferente para cada ponto da regressão, por isso, deve ser estimada a média dos efeitos marginais para o conjunto de k valores observados de X_j .

Para garantir a validade do modelo em diferentes conjuntos de dados, a base foi dividida em treinamento e teste, na proporção de 80% e 20%, respectivamente. Conforme sugerido por Pacheco Junior (2018), essa abordagem permite avaliar a capacidade de generalização do modelo de classificação em conjuntos de dados não observados. A regressão foi estimada na base de dados de treinamento, na qual também foram calculados os efeitos marginais robustos, utilizados para minimizar um potencial viés oriundo de observações atípicas. Ademais, os testes de avaliação foram aplicados à base de dados de teste.

4. Resultados e Discussão

4.1 Estatísticas Descritivas

Os valores médios das variáveis utilizadas no modelo estão apresentados na Tabela 3. De forma geral, observa-se que 65% dos trabalhadores da agropecuária do Brasil apresentavam vínculo ativo em 31 de dezembro de 2019, com idade média de 38 anos, sendo 82% dos trabalhadores do sexo masculino, 45% pertencentes à raça parda, 46% são brancos e 8% são pretos, 60% apresentam nível de escolaridade até ensino fundamental, sendo que 36% possuem ensino médio e apenas 3%, ensino superior.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no Modelo.

Variáveis	Média	SD	Mediana	Min	Max
Situação Vínculo	0,65	0,47	1	0	1
Idade(anos)	38	12,01	37	0	100
Homem	0,82	0,37	1	0	1
Mulher	0,18	0,37	0	0	1
Raça Indígena	0,004	0,06	0	0	1
Raça Amarela	0,006	0,07	0	0	1
Raça Branca	0,46	0,49	0	0	1
Raça Parda	0,45	0,79	0	0	1
Raça Preta	0,08	0,26	0	0	1
Probabilidade Baixa	0,03	0,16	0	0	1
Probabilidade Média	0,09	0,28	0	0	1
Probabilidade Alta	0,88	0,32	1	0	1
Renda Faixa 1	0,755	0,42	1	0	1
Renda Faixa 2	0,227	0,41	0	0	1
Renda Faixa 3	0,014	0,11	0	0	1
Renda Faixa 4	0,0027	0,05	0	0	1
Renda Faixa 5	0,0008	0,02	0	0	1
Escolaridade Fundamental	0,60	0,48	1	0	1
Escolaridade Médio	0,36	0,48	0	0	1
Escolaridade Superior	0,03	0,18	0	0	1
Escolaridade Pós-graduado	0,0006	0,02	0	0	1
Tempo Emprego(meses)	38,60	58,47	14,90	0	599,90
Estabelecimento até 10 vínculos	0,39	0,48	1	0	1
Estabelecimento 10 a 49 vínculos	0,25	0,43	0	0	1
Estabelecimento 50 a 249 vínculos	0,19	0,39	0	0	1
Estabelecimento 250 a 999 vínculos	0,11	0,31	0	0	1
Estabelecimento 1000 ou mais	0,06	0,24	0	0	1
Nordeste	0,16	0,36	0	0	1
Centro-Oeste	0,19	0,39	0	0	1
Sudeste	0,45	0,49	1	0	1
Sul	0,14	0,34	0	0	1
Norte	0,06	0,23	0	0	1

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em relação ao tamanho da empresa, 83% trabalhavam em estabelecimentos de até 249 vínculos, o que nos fornece uma evidência de que, na agropecuária, existe a predominância de estabelecimentos de pequeno e médio portes, sendo esses os responsáveis pela maior parte dos empregos formais do setor (Bernardelli et al., 2018).

Do ponto de vista da renda, 75,50% ganhavam até R\$2.000,00, 22,70% entre R\$2.001,00 e R\$5.000,00, 1,45% entre R\$5.000,01 e R\$10.000,00, 0,27% entre R\$10.000,01 e R\$20.000,01 e apenas 0,08% acima de R\$20.000,00. Já com relação ao tempo médio de permanência no emprego, esse foi de 3,21 anos⁴.

Quanto às probabilidades de automação da ocupação, nota-se que 88% dos trabalhadores formais da agropecuária se encontravam em ocupações que possuem alta probabilidade de automação nas próximas décadas. Destaca-se que esses valores se encontram acima da média nacional. Conforme Lima et al. (2019), a média para o Brasil é de 66%. Do ponto de vista

⁴ Para facilitar a interpretação, a variável Tempo de Emprego foi transformada de meses para anos.

regional, vale dizer que 45% desses trabalhadores encontram-se no Sudeste, 19% estão no Centro-Oeste, 16% no Nordeste, 14% no Sul e apenas 6% no Norte.

Os dados mostram, assim, que o perfil do trabalhador formal da agropecuária no Brasil é predominantemente homem, média idade de 38 anos, negro (cor parda ou preta), de baixa escolaridade e de baixa renda, com tempo de permanência no emprego inferior a 4 anos. Além disso, trabalham em estabelecimentos pequenos ou de médio porte e estão associados a ocupações que possuem alta probabilidade de automação.

4.2 Modelo Econométrico: uma estimativa da probabilidade de permanência no emprego

Conforme descrito na metodologia, foram estimados os parâmetros do modelo por meio de uma regressão logística. Como a interpretação dos coeficientes não pode ser diretamente compreendida, por se tratar de uma função-resposta não linear, os dados expostos na Tabela 4 referem-se aos efeitos marginais.

Os resultados do modelo para o Brasil indicam que a variável Idade tem um efeito positivo e estatisticamente significativo sobre a probabilidade de o indivíduo manter-se empregado, mas a taxas decrescentes. Isso quer dizer que, quanto maior a idade, maior a probabilidade de permanecer empregado; sendo que tal efeito positivo diminui na medida em que a idade aumenta e, a partir dos 55 anos, o aumento da idade passa a impactar negativamente na probabilidade de o indivíduo manter-se empregado. Essas evidências são convergentes com a literatura, em que se observa que indivíduos mais velhos, normalmente, são os que apresentam um maior tempo de vínculo e maiores níveis de qualificação e treinamento, o que resulta em maior produtividade e menor risco de perda do emprego (Vaz et al., 2019). Esse resultado nos mostra que, na agropecuária, indivíduos mais jovens estão mais vulneráveis ao desligamento do posto de trabalho. Tais resultados alinham-se com as pesquisas de Pochmann (2007), Corseuil et al. (2018) e Brumer et al. (2007).

Em relação à variável Sexo espera-se que indivíduos do sexo masculino apresentem uma probabilidade 2,59% maior de permanecerem empregados, quando comparados a trabalhadores do sexo feminino para o Brasil, como um todo, no setor. Esses resultados corroboram o entendimento de que a divisão sexual do trabalho na agropecuária, também, gera assimetrias do ponto de vista da estabilidade no emprego entre homens e mulheres (Tavares et al., 2021).

Tabela 4 – Efeitos marginais robustos– Brasil, 2019

Variáveis	dy/dx	Variáveis	dy/dx
Idade	0,00281790***	Renda Faixa 2	0,03364566***
Idade2	-0,00002535***	Renda Faixa 3	-0,01199177**
Sexo	0,02590487***	Renda Faixa 4	-0,05359066***
Raça Amarela	-0,04481291***	Renda Faixa 5	-0,17230394***
Raça Indígena	-0,27563307***	Tempo Emprego	0,00393862***
Raça Preta	-0,05114893***	Estab. entre 10 e 49	0,01476823 ***
Raça Parda	-0,04898779***	Estab. 50 e 249	0,00235047*
Probabilidade Média	-0,01657457***	Estab. 250 a 999	-0,0323355***
Probabilidade Alta	-0,0666461***	Centro	-0,01493945***
Escolaridade Médio	0,05003753***	Norte	0,04823876***
Escolaridade Superior	0,11210623***	Sudeste	-0,04004130***
Escolaridade Pós-graduado	0,18132227***	Sul	-0,03692904***
R ² de Cox-Snell:	0,12	Sensibilidade:	73,12
R ² de Nagelkerke:	0,16	Especificidade:	61,05
AUC:	73,30	Wald (Deviance)	-202097
Acurácia:	70,34	Prob >chi2	0,0000002***

Nível de significância: (***) 0,1% (**) 1% (*) 5% (.) 10%. Fonte: Elaborada pelos autores.

Do ponto de vista da raça, no Brasil, trabalhadores pretos apresentam maiores probabilidades de serem desligados do emprego. Em outras palavras, o modelo sugere que haja uma menor probabilidade de um indivíduo preto permanecer empregado, quando comparado ao indivíduo branco, em 5,11% no Brasil. Esse resultado evidencia que o trabalho formal no setor agropecuário também reflete uma condição estrutural de desigualdade racial que impacta negativamente a empregabilidade do povo preto (Martins, 2014). Resultados similares foram encontrados, também, por de Souza & Lima (2011) e Silva et al. (2021a).

Ao examinar os efeitos marginais da variável escolaridade, os dados apontam para um impacto estritamente positivo do nível de escolaridade nas probabilidades de o indivíduo estar empregado. No Brasil, para aqueles que detêm pós-graduação, ensino superior ou ensino médio, esperam-se probabilidades maiores de permanecer no emprego, quando comparados àqueles com apenas ensino fundamental. Para as três faixas de escolaridade, verificaram-se as probabilidades de os trabalhadores permanecerem empregados de 18,13%, 11,21% e 5,00%, respectivamente.

De modo sintético, a escolaridade mostrou-se como a variável que mais traz impacto positivo para a probabilidade de o trabalhador permanecer empregado. Esse efeito pode ser percebido no Brasil e em todas as Regiões, quando são rodados modelos específicos para cada uma delas. Isso indica que retornos dos investimentos em educação podem provocar efeitos positivos para os trabalhadores da atividade agropecuária, que tradicionalmente apresenta grande contingente de trabalhadores com baixos níveis de escolaridade. Esses são resultados que estão alinhados com diversos estudos, dentre os quais destacam-se os trabalhos de Cardozo & Cunha (2019), Bernardelli et al. (2018), Hoffmann (2011), Balsadi & Del Grossi (2016) e Kassouf (2019).

Como apontam Mello et al. (2019), as transformações do capitalismo na era digital implicam a necessidade de uma educação que proporcione aos estudantes competências essenciais que se mostrem compatíveis com as novas demandas do mercado de trabalho, além de inteligência emocional para trabalhar em grupo, de criatividade, de pensamento crítico e de capacidades de comunicação e colaboração. Para os autores, esses elementos exigem a revisão dos currículos escolares, com destaque para o papel central do poder público na promoção de políticas públicas voltadas para os desafios do século XXI.

No que tange à renda, no Brasil, indivíduos que recebem entre R\$2.000,01 e R\$5.000,00 (Faixa 2) apresentam uma probabilidade esperada 3,36% maior de estarem empregados, quando comparados àqueles que possuem renda menor (Faixa 1). Por outro lado, indivíduos com rendimentos maiores de R\$20.000,00 (Faixa 5) apresentam probabilidade 17,23% menor de estarem empregados, quando comparados àqueles que ganham menos de R\$2.000,00 (Faixa 1).

Conforme Dutra (2016), o nível salarial reflete a importância relativa do trabalhador para a empresa, sua fixação é fruto de um planejamento estratégico e denota o nível de competência e de resultados que o trabalhador pode proporcionar para a empresa. Portanto, os resultados relacionados às faixas de renda podem estar relacionados a processos de *turnover*⁵ e de competitividade entre as empresas do setor.

O resultado para a variável tempo de emprego indica que o incremento de um mês no tempo de emprego do trabalhador proporciona um aumento de 0,39% na probabilidade de o trabalhador permanecer empregado. Conforme de Oliveira et al. (2014), para adquirir vantagens competitivas em um determinado mercado, as empresas investem em treinamentos para seus funcionários, o que faz com que o aumento da permanência de um trabalhador na empresa represente, também, um aumento do seu capital intelectual. Nesse contexto, uma

⁵ Termo em inglês que define o movimento de entrada e saída dos trabalhadores em uma organização, independentemente de ter sido motivado pelo empregador ou por decisão do empregado (Silveira, 2011).

possível substituição ou dispensa de um trabalhador, principalmente naquelas atividades em que os indivíduos aprendem com a prática (*learning by doing*), tende a interferir nos níveis de eficiência da organização (Brasil et al., 2019).

Em relação ao tamanho da empresa, indivíduos que trabalham em estabelecimentos que possuem entre 10 e 49 vínculos, apresentam uma probabilidade maior, estimada de 1,47%, de estarem empregados, em relação àqueles que trabalham em estabelecimentos que possuem menos de 10 vínculos.

Por outro lado, indivíduos que trabalham em estabelecimentos que possuem entre 250 e 999 empregados, apresentaram probabilidades menores em relação àqueles que trabalham em estabelecimentos que possuem menos de 10 vínculos. Isso indica um cenário de maior estabilidade do emprego nos micros estabelecimentos.

Os resultados relacionados à variável que procura captar os efeitos da automação sobre a permanência nos postos de trabalho mostram que, de maneira estrita, indivíduos que estão associados a ocupações que possuem alta probabilidade de automação estão mais sujeitos a serem desligados que aqueles associados a ocupações de baixa probabilidade de automação. No modelo estimado para o Brasil como um todo, estar em uma ocupação com alta probabilidade de automação diminui em 6,66% a probabilidade de permanecer no posto de trabalho ao final do ano, sempre que se comparam esses com aqueles em ocupações de baixa probabilidade de automação.

Os resultados indicam ainda que, quando se comparam as estimativas do impacto de se estar em uma ocupação de média probabilidade de automação com uma de baixa, os efeitos também são negativos. Isso significa que há probabilidades comparativamente menores de permanecer empregado quando um trabalhador se encontra em uma ocupação de média probabilidade de automação. Em síntese, trabalhadores em ocupações com maiores probabilidades de automação estão sujeitos a uma menor probabilidade de se manter no emprego. Esses resultados confirmam a hipótese central do artigo, ou seja, de que o trabalho formal na agropecuária poderá ser impactado pelas transformações que devem ocorrer por conta da intensificação das soluções da indústria 4.0 e dos processos de automação que ela carrega.

Erickson et al. (2018) evidenciaram a existência de desafios para as empresas encontrarem candidatos com habilidades teóricas e práticas para o exercício da agricultura de precisão. Isso faz com que as empresas estejam propensas a investir em programas de treinamento para os novos funcionários, devido a uma lacuna nas habilidades práticas dos novos colaboradores⁶.

É relevante fazer algumas considerações em relação às variáveis de região geográfica. Os resultados indicam que indivíduos localizados nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, apresentam menores probabilidades de estarem empregados, quando comparados àqueles situados na região Nordeste. Os valores dos percentuais foram de 1,49%, 4,00% e 3,69%, respectivamente. Notadamente, essas são regiões onde o processo de modernização do setor agropecuário encontra-se mais consolidado e tende a avançar mais rapidamente.

Por outro lado, como destaca Vieira Filho (2016), nas regiões Nordeste e Norte, localizam-se algumas das mais recentes fronteiras agrícolas do país. Nas regiões como as do Matopiba e do Vale do São Francisco, o setor agropecuário tem adotado padrões produtivos que tendem a convergir tecnologicamente para aqueles característicos das regiões Sudeste e Sul. Nesse sentido, a elevação do emprego na agropecuária dessas regiões pode se ver afetada pela expansão da mecanização,

⁶ Woetzel et al. (2021) destacam que o desenvolvimento de um ecossistema colaborativo público-privado pode contribuir para reduzir essas lacunas, como é o exemplo do programa MySkillsFuture de Cingapura. Essa é uma política pública que garante incentivos tributários para empresas investirem continuamente no treinamento de seus trabalhadores por meio de universidades corporativas, além de disponibilizar vouchers para que todos os cidadãos cingapurianos com idade entre 25 e 60 anos atualizem suas habilidades em uma plataforma de treinamento que oferece cursos de aprimoramento de habilidades alinhados com as necessidades exigidas no mercado de trabalho contemporâneo do país.

que contribui inicialmente para a elevação dos postos de trabalho, mas que tende a provocar uma diminuição na probabilidade de permanecer nos postos de trabalho, na medida em que essa avança.

Em relação às medidas de avaliação, Cameron & Trivedi (2005, p. 473) ressalta que, em modelos de resultado binário, devem ser aplicadas várias métricas para sua validação como a *Receiver Operating Characteristics* (ROC), o valor da AUC (Área Sob a Curva), Pseudo-R, dentre outras. O modelo proposto pelo presente artigo obteve uma AUC (Área Sob a Curva) de 0,73. De acordo com Vivo & Franco (2008), valores acima de 0,7 indicam que o modelo possui bons fatores preditivos. Além disso, apresentou uma acurácia de 70,34, o que indica uma elevada proporção de previsões corretas feitas pelo modelo em relação ao número total de previsões, um Pseudo R de Nagelkerke de 0,16 e, ademais, verificou-se a ausência de multicolinearidade grave ($VIF > 10$).

A decisão de utilizar a regressão logística como técnica de classificação está fundamentada na análise comparativa de desempenho entre três abordagens, amplamente utilizadas na literatura para modelos de classificação: a regressão logística, a Naive Bayes e a árvore de decisão. A avaliação das curvas ROC apresentadas na Figura 4 indica a superioridade do modelo logístico em termos de robustez e eficácia de capacidade preditiva, especialmente ao considerar os dados do conjunto de testes. Esses resultados respaldam a escolha da regressão logística como a abordagem mais apropriada para o desenvolvimento da pesquisa. Conforme Prati et al. (2008), na medida em que a curva ROC se distancia da diagonal principal, há uma melhora no desempenho do modelo de classificação, sendo que a curva mais próxima do ponto (0,1) aquela que representa o modelo de melhor desempenho.

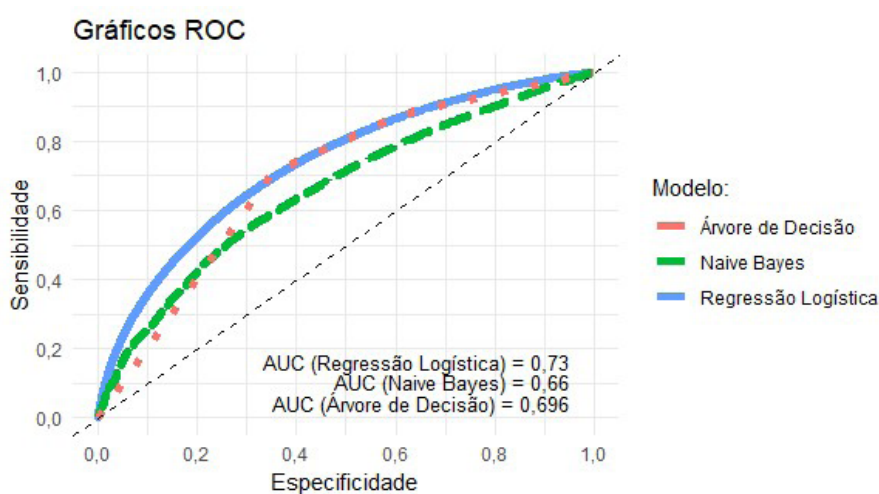


Figura 4 – Gráficos ROC distintos modelos. Fonte: Elaborada pelos autores.

Após analisar os determinantes da manutenção do emprego no setor agropecuário, é crucial reconhecer que o presente estudo possui algumas limitações. Entre elas, podemos citar o fato de o estudo aplicar-se somente ao setor formal que, apesar de se mostrar em expansão no período de análise, representa apenas um segmento do mercado de trabalho relacionado à agropecuária, deixando de captar os efeitos da automação sobre o segmento informal.

5. Conclusões

Procurou-se mostrar no presente artigo que os processos de automação característicos da chamada indústria 4.0 têm causado grandes transformações na esfera produtiva e afetado

o mundo do trabalho. As TICs são suas forças motoras centrais. Um dos desdobramentos da intensificação do uso dessas tecnologias é a expansão dos processos de automatização crescente na esfera produtiva, causando eliminação de postos de trabalho e achatamento de salários para grande parte dos trabalhadores.

Nesse contexto, é de suma importância suscitar o debate acerca da dinâmica da manutenção do emprego no mercado de trabalho. Procurou-se contribuir para a ampliação desse entendimento buscando identificar os fatores que afetam a permanência no emprego dos trabalhadores da atividade agropecuária brasileira, inovando ao tentar captar os efeitos desse processo de transformação tecnológica por meio de probabilidades de automação associadas a ocupações específicas. Essas categorias, baseadas nessas probabilidades, foram usadas enquanto variáveis explicativas que representaram, para cada trabalhador, o grau em que o conjunto de suas habilidades pode ser substituído por soluções automatizadas.

Os resultados encontrados evidenciam que, na agropecuária brasileira do final da década de 2010, determinantes já recorrentes na literatura como idade, sexo, raça, escolaridade, renda, tempo de emprego e tamanho de estabelecimento impactam na permanência no emprego dos trabalhadores do setor. No entanto, probabilidades de automação associadas a determinadas ocupações também impactaram a probabilidade de se manter empregado até o final do ano analisado (2019). Isso pode indicar que as transformações tecnológicas estão exigindo um novo perfil de trabalhador formal no setor agropecuário.

O presente artigo procurou lançar luz sobre as bases empíricas que podem orientar formuladores de políticas públicas para concentrarem esforços em ampliar a qualificação profissional e as habilidades dos trabalhadores brasileiros no que se refere à gestão e promoção de soluções automatizadas como nos casos das tarefas de percepção e manipulação, das tarefas de inteligência criativa e das tarefas de inteligência social.

Algumas instituições, como a UFSM e o SENAR, já oferecem cursos voltados para a agricultura de precisão. No entanto, é fundamental que os gestores públicos atuem como articuladores entre os diversos agentes envolvidos, com o propósito de aprimorar tanto as habilidades teóricas quanto as práticas. Essa articulação é essencial para reconfigurar as competências da força de trabalho existente e futura. O processo de articulação envolve empresas demandantes de mão de obra, empresas fornecedoras de tecnologia, instituições de ensino e a sociedade em geral. O mapeamento das habilidades exigidas é o primeiro passo nessa direção, e a cooperação resultante pode funcionar como catalisador no desenvolvimento de uma força de trabalho capacitada a enfrentar os desafios da agricultura 4.0.

Concomitantemente, não se pode deixar de mencionar a necessidade de se promover programas voltados para a garantia mínima da dignidade dessa grande massa de trabalhadores que estão sendo impactados pela intensificação das TICs no sistema produtivo, especialmente, sob o ponto de vista da renda. Mais que isso, as oportunidades devem se fazer presentes para que esse esforço em ampliar a qualificação seja aproveitado e não desperdiçado.

Embora este artigo contribua de alguma maneira para o entendimento da dinâmica da manutenção do emprego no setor da Agropecuária, a temática é complexa. Além de fatores individuais, aspectos macroeconômicos e de sazonalidade também impactam a permanência no emprego. Esse tema pode e deve ser objeto de futuras análises que busquem incorporar ao modelo tais fenômenos, sejam eles conjunturais ou estruturais. Trabalhos futuros devem levar em conta não só esses aspectos, mas, também, ampliar o escopo da análise para mensurar o impacto das probabilidades de automação nos diferentes setores de atividade, assim como verificar se existe endogeneidade entre as variáveis dadas como exógenas no modelo e a manutenção do emprego.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- Adamczyk, W. B., Monasterio, L. M., & Fochezatto, A. (2020). Impacto da automação no futuro do emprego do setor público: uma aplicação ao executivo federal brasileiro. In *Anais do 48º Encontro Nacional de Economia*. Online.
- Affonso, J. X. (2017). *A Indústria 4.0 e o impacto na vida profissional de seus trabalhadores*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.
- Albuquerque, P. H., Saavedra, C. A., Morais, R. L., Alves, P. F., & Peng, Y. (2019). *Na era das máquinas, o emprego é de quem? Estimativa da probabilidade de automação de ocupações no Brasil* (Texto para Discussão, No. 2457). Rio de Janeiro: Ipea.
- Alves, E., Contini, E., & Gasques, J. G. (2008). Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In A. C. S. Albuquerque & A. G. Silva (Eds.), *Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas*. Brasília: EMBRAPA
- Alves, E., Contini, E., & Hainzelin, E. (2005). Transformações da agricultura brasileira e pesquisa agropecuária. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 22(1), 37-51.
- Alves, E., Souza, G., & Marra, R. (2011). Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010. *Revista de Política Agrícola*, 20(2), 80-88.
- Anthes, E. (2017). The shape of work to come. *Nature*, 550(7676), 316-319. <http://dx.doi.org/10.1038/550316a>
- Arruda, E. F., Guimarães, D. B., & Castelar, I. (2016). Desemprego severo no Nordeste Brasileiro: uma análise para 2003 e 2013. *Revista Economica do Nordeste*, 47, 101-116.
- Balsadi, O. V., & Del Grossi, M. E. (2016). Trabalho e emprego na agricultura brasileira um olhar para o período 2004-2014. *Revista de Política Agrícola*, 25, 82-96.
- Balsadi, O. V., & Silva, J. F. G. D. (2008). A polarização da qualidade do emprego na agricultura brasileira no período 1992-2004. *Economia e Sociedade*, 17, 493-524.
- Baricelo, L. (2015). *A evolução diferenciada da indústria de máquinas agrícolas: um estudo sobre os casos norte-americano e brasileiro* (Dissertação de mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Bernardelli, L. V., Castro, G. H., Gobi, J. R., Michellon, E., & Vieira Filho, J. E. (2020). *Formalidade do mercado de trabalho e produção agrícola no Brasil* (Texto para Discussão, No. 2561). Rio de Janeiro: Ipea.
- Bernardelli, L. V., Paschoalino, P. A., Gobi, J. R., & Michellon, E. (2018). A formalização do trabalho na agricultura: uma análise das microrregiões do Estado do Paraná. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, 39, 47-67.
- Brasil, A., Souza, J. P., & Cunico, E. (2019). Apropriação de valor, recursos e estruturas de governança. *Revista Pensamento Contemporâneo em Administração*, 13(2), 18-33. <http://dx.doi.org/10.12712/rpca.v13i2.12619>
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Política Agrícola – SPA. (2021). *Projeções do agronegócio, Brasil, 2020/21 a 2030/31*. Brasília.

- Brumer, A., Carneiro, M., & Castro, G. (2007). A problemática dos jovens rurais na pós-modernidade. In M. J. Carneiro & E. G. Castro (Eds.), *Juventude rural em perspectiva* (pp. 35-51). Rio de Janeiro: Mauad X.
- Buainain, A. M., & Dedecca, C. S. (2010). Mudanças e reiteração da heterogeneidade do mercado de trabalho agrícola. In J. G. Gasques, J. E. Vieira Filho & Z. Navarro (Eds.), *A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas* (Vol. 1, pp. 123-153). Rio de Janeiro: Ipea.
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics: methods and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cardozo, D. P., & Cunha, M. (2019). Salários e emprego no mercado de trabalho formal agrícola brasileiro. *Revista de Política Agrícola*, 27, 17-32.
- Conceição, J. C., & Conceição, P. H. (2014). *Agricultura: evolução e importância para a balança comercial brasileira* (Texto para Discussão, No. 1944). Rio de Janeiro: Ipea.
- Corseuil, C. H., Poloponsky, K., & Franca, M. A. (2018). Uma interpretação para a forte aceleração da taxa de desemprego entre os jovens. *Mercado de Trabalho*, 64, 63-72.
- Drath, R., & Horch, A. (2014). Industrie 4.0: hit or hype? [industry forum]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8, 56-58.
- Dutra, J. S. (2016). *Gestão de pessoas: modelo, processos, tendências e perspectivas*. São Paulo: Atlas.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. (2018). *Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira*. Brasília: Embrapa.
- Erickson, B., Fausti, S., Clay, D., & Clay, S. (2018). Knowledge, skills, and abilities in the precision agriculture workforce: an industry survey. *Natural Sciences Education*, 47(1), 1-11.
- Firmiano, F. D. (2018). O trabalho no campo: questões do passado e dilemas para o futuro. *Revista Nera*, 21(41), 120-137.
- Frey, C. B., & Osborne, M. (2013). *The future of employment*. Oxford: Oxford Martin School.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280.
- Fritz Filho, L. F., & Miguel, L. (2008). A importância do estado na evolução da agricultura no Planalto Médio do Rio Grande do Sul. In *Anais do 4º Encontro de Economia Gaúcha*. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. Delhi: Pearson Education India.
- Hoffmann, R. (2011). Distribuição da renda agrícola e sua contribuição para a desigualdade de renda no Brasil. *Revista de Política Agrícola*, 20, 5-22.
- Hosmer Junior, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression* (Vol. 398). New York: John Wiley & Sons.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2014). *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: notas metodológicas* (Vol. 1). Rio de Janeiro: IBGE.
- Javid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies. *International Journal of Intelligent Networks*, 3, 150-164.
- Kassouf, A. L. (2019). Retornos à escolaridade e ao treinamento nos setores urbano e rural do Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 35, 59-76.

- Lima, Y., Strauch, J. M., Esteves, M. G., Souza, J. M., Chaves, M. B., & Gomes, D. (2019). *O futuro do emprego no Brasil: estimando o impacto da automação*. Rio de Janeiro: Laboratório do Futuro, UFRJ.
- Maia, A. G., & Sakamoto, C. S. (2014). A nova configuração do mercado de trabalho agrícola brasileiro. In A. M. Buainain, E. Alves, J. M. Silveira & Z. Navarro (Eds.), *O mundo rural no Brasil do século 21*. Brasília: Embrapa.
- Martins, T. C. (2014). Determinações do racismo no mercado de trabalho: implicações na “questão social” brasileira. *Temporalis*, 14, 113-132.
- Massruhá, S. M., & Leite, M. (2017). *Agro 4.0: rumo à agricultura digital*. Brasília: Embrapa.
- Mello, S. L. D. M., Ludolf, N. V. E., Quelhas, O. L. G., & Meiriño, M. J. (2019). Innovation in the digital era: new labor market and educational changes. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 28, 66-87.
- Oliveira, R. R., Martis, U. B., & Almeida, L. I. (2014). A rotatividade de funcionários na empresa Alpha Telecom. *Gestão Contemporânea*, 4(1), 207-226.
- Pacheco Junior, J. C. (2018). *Modelos para detecção de fraudes utilizando técnicas de aprendizado de máquina* (Tese de doutorado). Fundação Getulio Vargas, São Paulo.
- Pinto, N. G., & Coronel, D. A. (2015). Modernização agrícola no Rio Grande do Sul: um estudo nos municípios e mesorregiões. *Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD*, 36, 167-182.
- Pissinato, B. (2013). *A cultura de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo entre 1950 e 2010: evolução histórica da área e da produtividade* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Pochmann, M. (2007). *Situação do jovem no mercado de trabalho no Brasil: um balanço dos últimos 10 anos*. São Paulo: Unicamp.
- Prati, R. C., Batista, G. E. A. P. A., & Monard, M. C. (2008). Curvas ROC para avaliação de classificadores. *Revista IEEE América Latina*, 6(2), 215-222.
- Ricardo, B. R. (2018). *Condicionantes da severidade do desemprego em áreas rurais do Brasil em 2005 e 2015* (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Sakamoto, C. S., & Maia, A. G. (2022). Mercado de trabalho agrícola no Brasil: Evolução e características dos ocupados nas áreas rurais (1991-2010). *Revista Brasileira de Economia Social e do Trabalho*, 4, e022002.
- Salama, P. (2018). Novas tecnologias, uma revolução em curso, os efeitos sobre o emprego e os salários. *Cadernos do Desenvolvimento*, 13, 151-179.
- Schwab, K. (2019). *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro.
- Semin, A. N., & Örs, A. (2020). Labor polarization in the context of agricultural robotization in the middle urals. *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*, 11(14), ARTN-11A14P.
- Silva, A. M. (2018). *Impacto de soluções de Indústria 4.0 no mercado de trabalho em Portugal*. Porto: Faculdade de Economia do Porto.
- Silva, B. A., & Winck, C. A. (2019). Evolução da quantidade de máquinas e implementos agrícolas nas propriedades rurais brasileiras (1960-2017). *Revista Visão: Gestão Organizacional*, 8, 174-188.
- Silva, L. A., Faria, A. C., & Teixeira, E. C. (2021a). Desigualdade racial no mercado de trabalho formal brasileiro. *Humanas Sociais & Aplicadas*, 11, 51-67.

- Silva, M. R., Trovão, C. J., & Souza, D. M. (2021b). Perfil socioeconômico do trabalhador agrícola no Brasil: uma análise regional no período de 2011 e 2015. *Revista da ABET*, 20(2), 456-476.
- Silva, R. P. (2019). *Modernização da agropecuária brasileira: progresso econômico e heterogeneidade produtiva* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Silveira, C. C. (2011). *Análise de turnover na Química Brasil Ltda*. Porto Alegre: UFRGS.
- Souza, E. C., & Lima, J. E. (2011). Condição de ocupação e informalidade no mercado de trabalho brasileiro em 2007. *Análise Econômica*, 29(56), 269-291.
- Souza, R. F., & Khan, A. S. (2019). Modernização da agricultura e hierarquização dos municípios maranhenses. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 39, 75-98.
- Tavares, B. C., Minuzzo, D., & dos Santos, A. B. (2021). Protagonismo feminino e divisão sexual do trabalho no ambiente rural. *Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas*, 41, 97-113.
- Thirlwall, A. P. (2005). *A natureza do crescimento econômico: um referencial alternativo para compreender o desempenho das nações*. Rio de Janeiro: Ipea.
- Universidade de São Paulo – USP. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA. Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária – CNA. (2021). *PIB do agronegócio: dados brasileiro de 1996 a 2021*. Piracicaba.
- Vaz, D. V., Santos, D. B., & Leichsenring, A. R. (2019). *Duração do emprego formal e desigualdade de gênero no Brasil: o caso das famílias de baixa renda* (pp. 1-22). Rio de Janeiro: Ipea.
- Vieira Filho, J. E. (2016). *Expansão da fronteira agrícola no Brasil: desafios e perspectivas* (Texto para Discussão, No. 2223). Rio de Janeiro: Ipea.
- Vivo, J. M., & Franco, M. (2008). How does one assess the accuracy of academic success predictors? ROC analysis applied to university entrance factors. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 39(3), 325-340.
- Woetzel, J., Leung, N., Ngai, J., Chen, L. K., & Tang, V. (2021). *Reskilling China: transforming the world's largest workforce into lifelong learners*. Chicago: McKinsey & Company.
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56, 2941-2962.

Recebido: Maio 07, 2023

Aceito: Fevereiro 20, 2024

JEL Classification: J2; J4; M51.