

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE
JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**



Relatório final Monografia II

**A relação entre o avanço da Tecnologia e o
Desemprego**

Aluno: João Pedro van Erven
2012504
Orientador: Marcio Gold Firmo

SUMÁRIO

Agradecimentos	3
Resumo	4
Primeira parte – Analisando Barreira e Ottoni (2020): Robôs e o aumento da Informalidade	4
Introdução	4
Motivação.....	5
Revisão de Literatura	6
Metodologia e Fonte de Dados	7
Segunda parte – Analisando papers recentes sobre AI.....	9
The A.I. Dilemma: Growth versus Existential Risk	9
Market Power in Artificial Intelligence.....	9
Regulating Artificial Intelligence	11
Scenarios for the Transition to AGI	12
Applying AI to rebuild Middle Class Jobs	13
Artificial Intelligence and Jobs: Evidence from Online Vacancies	15
Firm Investments in Artificial Intelligence Technologies and changes in Workforce Composition	16
New Technologies and Jobs in Europe	18
The Turing Transformation: Artificial Intelligence, Intelligence Augmentation, and Skill Premiums	19
The Simple Macroeconomics of AI	20
Terceira parte – Consolidando as informações levantadas.....	24
Referências Bibliográficas	31

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por terem me proporcionado as melhores orientações, segurança, cuidado e incontáveis oportunidades.

Ao meu irmão por servir como meu maior exemplo de disciplina, dedicação, organização e responsabilidade.

Aos meus amigos pelo apoio e encorajamento constante.

Aos professores do departamento de Economia da PUC-RIO pelo ensino de excelência durante todo curso.

Ao meu orientador Marcio, pela disponibilidade e direcionamento durante todo esse projeto.

E por fim, agradeço a todo o ecossistema da PUC-RIO que me proporcionou um desenvolvimento acadêmico e profissional muito além do que apenas ensinado em sala.

Resumo

Esta monografia tem como objetivo explorar o impacto do avanço da tecnologia no desemprego. O intuito era dar continuidade a Barreira et al (2020), que investiga a relação entre a adoção de robôs industriais no Brasil e o aumento do emprego informal, seguindo a premissa de que o emprego informal absorve as perdas de empregos formais. Os resultados encontrados no citado artigo, analisando o período de 2000 até 2010, seriam atualizados levando em consideração os dados do Censo cuja previsão de disponibilização era junho de 2022. Com essa atualização, pretendia-se adicionar informação em relação à dinâmica da evolução de adoção de robôs e evolução do emprego no Brasil. Contudo, estes dados não foram disponibilizados por completo. Ao mesmo tempo, o tema de Inteligência Artificial ganhou muito destaque após o lançamento do Chat GPT, um modelo de linguagem que utiliza a arquitetura GPT (*Generative Pre-trained Transformer*). Ele é projetado para compreender e gerar texto de maneira semelhante a um ser humano. A partir do lançamento deste *chatbot* surgiram alguns *papers* explorando as possíveis transformações da IA na sociedade. Com isso, farei uma revisão de literatura passando pelos *papers* mais recentes no tema e uma revisão mais profunda do primeiro *paper* citado de Barreira e Ottoni (2020). Por fim, irei consolidar todas as informações levantadas com dados adjacentes.

Primeira parte – Analisando Barreira e Ottoni (2020): Robôs e o aumento da Informalidade

Introdução

Em 1930, John Maynard Keynes brincava com uma ideia de tom muito diferente da época, que vivia a Grande Depressão. Ele olhava para o ano de 2030 e falava que o problema econômico poderia já estar resolvido. Não apenas os efeitos imediatos da depressão, mas também o problema econômico em si. Como a Lei dos Rendimentos Decrescentes deixou claro, quanto mais requisitada, mais lentamente a natureza libera suas riquezas. E o segredo do crescimento econômico está no fato de que cada geração investe contra a natureza não só com suas próprias energias e recursos, mas também com a herança de equipamentos acumulados por seus ancestrais. E à medida que esta herança cresce — à medida que cada geração acrescentava sua quota de novos conhecimentos, fábricas, ferramentas e técnicas à riqueza do passado —, a produtividade humana aumentava com impressionante velocidade. Segundo Keynes, no ano de 2030, cada trabalhador teria sob seu comando máquinas suficientes para fazer dele um super-homem em comparação com o avô, que vivera em 1930. Esse tão vasto acréscimo de produtividade poderia fazer uma enorme diferença. Poderia relegar a economia como uma ciência da escassez aos livros de história. O novo problema da sociedade seria não como conseguir horas livres, mas sim como lidar com as quantidades sem precedentes

delas. Mas será que ele estava certo? O Avanço da tecnologia teve efeitos ambíguos sobre o mercado de trabalho ao longo da história.

Os robôs industriais - máquinas que podem substituir o trabalho humano e que, quando assim programadas, funcionam de forma autônoma e sem a necessidade de um operador - estão sendo cada vez mais adotados em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Na literatura existente, alguns estudos se concentram em países desenvolvidos (Acemoglu e Restrepo, 2020; Graetz e Michaels, 2017; Dauth et al., 2017), enquanto outros se concentram em países em desenvolvimento (Faber, 2020; Kugler et al., 2020; Artuc et al., 2019; Stemmler, 2019), mas até onde se sabe, o único paper que trata da relação entre a automação e o aumento do emprego informal, em países em desenvolvimento, é Barreira e Ottoni (2020), que é a maior referência para este projeto

Barreira e Ottoni (2020) chega no resultado de que os robôs não afetam o emprego formal, mas que tem um impacto grande, positivo e estatisticamente significativo no emprego informal entre 2000 e 2010. O argumento é de que, quase todo o bônus demográfico aproveitado pelo Brasil nesse período foi absorvido pelo setor informal da economia. O que evidencia que a adoção de robôs industriais dificultou o acesso ao mercado de trabalho formal, fazendo com que toda mão de obra adicional proveniente do bônus demográfico se encaminhasse para empregos informais.

Motivação

O temor de que a automação vai substituir o capital humano não é recente. O ludismo, movimento que aconteceu na Inglaterra no século 18, evidencia isso. Os ludistas quebravam as máquinas como forma de protesto, uma vez que elas fizeram com que muitas fábricas diminuíssem a demanda por mão de obra. Com o surgimento da inteligência artificial, os debates acerca dos possíveis impactos da tecnologia no emprego se renovam. Há quem diga que a *AI* pode ser mais disruptiva que a própria internet e sua evolução parece ser exponencial. O que levou o instituto Future of Life a divulgar uma carta aberta pedindo a todos os laboratórios de inteligência artificial que suspendam por pelo menos seis meses a criação de sistemas de *AI* mais poderosos que o GPT-4, da OpenAI. Com mais de mil assinaturas, o documento é referendado por especialistas em inteligência artificial, além de Elon Musk, CEO da Tesla, da SpaceX e do Twitter, e Steve Wozniak, que fundou a Apple com Steve Jobs, como Yuval Harari, autor do best-seller internacional *Sapiens: Uma breve história da humanidade*.

O objetivo deste projeto é tentar avaliar o impacto do avanço da tecnologia, seja na forma de automação e/ou inteligência artificial, no desemprego. Será que a humanidade vai se reinventar, e novas profissões vão surgir? Ou devemos nos juntar

a Elon Musk, Steve Wozniak e Harari e temer o avanço da AI? Minha motivação para o projeto é responder esta pergunta.

Revisão de Literatura

Na parte da literatura que analisa países desenvolvidos, chega-se a resultados diferentes do impacto da adoção de robôs no mercado de trabalho. Em Acemoglu e Restrepo (2020), que examina o mercado de trabalho americano, as estimativas sugerem que um robô extra por 1.000 trabalhadores reduz a taxa de emprego em relação à população em 0,18-0,34 pontos percentuais e os salários em 0,25-0,5%. Os robôs industriais não são as únicas inovações implementadas a qualquer momento, e os autores poderiam ter erroneamente atribuído aos robôs os efeitos de muitas outras tecnologias que também poderiam substituir a mão-de-obra. Este não é o caso: os resultados são os mesmos quando controlados pelo aumento da intensidade de capital geral e do capital de TI por setor. Controlar pela ampla composição da indústria (participações de manufatura, bens duráveis, construção e assim por diante), dados demográficos detalhados, exposição a importações chinesas e mexicanas, declínio de empregos rotineiros e oportunidades de terceirização também não altera os resultados.

Ainda focado nos Estados Unidos, mas traçando relações com o resto do mundo, Graetz e Michaels (2017) investigam as recuperações de recessões nos EUA, que costumavam envolver uma rápida geração de empregos, mas que após as mais recentes, o crescimento do emprego não conseguiu igualar a recuperação do PIB. Os autores então examinam o papel da tecnologia nisso e se perguntam se as recuperações de desemprego são um problema mais amplo fora dos EUA. Conclui-se que nos EUA, as indústrias mais propensas à mudança tecnológica experimentaram um crescimento mais lento do emprego durante as recuperações recentes, mas parece improvável que as tecnologias modernas estejam causando recuperações mais lentas fora dos EUA. Isso representa um enigma quanto à natureza das recentes recuperações de desemprego nos Estados Unidos.

Em Dauth et al (2017), explora-se o impacto dos robôs no mercado de trabalho na Alemanha, que tem muito mais robôs do que os EUA e uma parcela muito maior de empregos na indústria. Os robôs não tiveram nenhum efeito agregado no emprego alemão, e descobriu-se que a exposição a robôs realmente aumenta as chances de os trabalhadores permanecerem com seu empregador original. Este efeito parece dever-se em grande parte aos esforços dos conselhos de trabalhadores e sindicatos, mas também é o resultado de menos trabalhadores jovens entrando em carreiras industriais. Isso porque os robôs não destroem os empregos industriais existentes, mas induzem as empresas a criar menos empregos

para os jovens. A exposição a robôs causa ganhos notáveis no salário de trabalhadores altamente qualificados, especialmente em cargos científicos e de gerenciamento, pois possuem habilidades complementares a essa tecnologia e executam tarefas que não são facilmente substituíveis. Mas para trabalhadores de manufatura pouco qualificados e especialmente para trabalhadores de manufatura de qualificação média, encontra-se impactos negativos consideráveis: Esses trabalhadores sofrem com salários mais baixos e perdas cumulativas de ganhos causadas por robôs. Mas mesmo para eles não se encontra aumento do risco de deslocamento, mas sim efeitos positivos no emprego.

A parte da literatura que foca em países em desenvolvimento geralmente analisa como os mercados de trabalho nas economias em desenvolvimento são indiretamente afetados pela adoção de robôs em países desenvolvidos. Por exemplo, Kugler (2020) constata que a adoção de robôs nos Estados Unidos produz grandes perdas de empregos na Colômbia. As estimativas sugerem que um robô a mais nos EUA reduz o emprego formal colombiano em cerca de 1,2 a 1,4 trabalhadores. Da mesma forma, Faber (2020) mostra que os robôs americanos têm um impacto negativo considerável sobre o emprego no México. Um mercado de trabalho local Mexicano com uma exposição média a robôs estrangeiros experimentou um crescimento 2,9 pontos percentuais menor na relação emprego-população, em comparação com mercados que não tem uma exposição desse tipo. A nível nacional, isso equivale a cerca de 1,7 milhão de empregos a menos no México, o que significa que um robô americano substitui cerca de 11 trabalhadores mexicanos. Contudo, até onde se sabe, apenas 2 artigos - Stemmler (2019) e Barreira e Ottoni (2020) - tentaram avaliar como os robôs introduzidos em um país em desenvolvimento impactaram diretamente o mercado de trabalho daquele país.

Metodologia e Fonte de Dados

Três bases de dados principais serão usadas neste estudo. A primeira, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é o Censo Brasileiro (BC), que fornece diversos indicadores demográficos e de emprego brasileiros. O segundo banco de dados, correspondente aos dados de estoque do robô, foi disponibilizado pela Federação Internacional de Robótica (IFR). A terceira base de dados é fornecido pelo World Input-Output Database (WIOD), financiada pela European Commission (Timmer et al., 2015). Ela contém informações sobre comércio e emprego, discriminadas por 56 setores. Como esses dados são anuais, eles se referem a 43 países e cobrem o período de 2000 a 2014.

A medida de exposição a robôs introduzidos no Brasil foi construída como uma variável shift-share, com base nos dados comentados acima. O componente de mudança - que traz informações sobre o aumento do uso de robôs no Brasil entre 2000 e 2010 em 19 setores - é calculado com base nos dados do IFR e do WIOD.

O componente de participação - que mostra a composição do emprego em todas as indústrias em cada mercado de trabalho local em 2000, antes que os robôs fossem mais amplamente adotados - é desenhado pelo Censo.

No *paper*, constrói-se duas medidas:

$$i) \quad Expo_{i,2000,2010}^{BRA} = \sum_{j \in J} l_{ij,2000} * \frac{M_{j,2010}^{BRA} - M_{j,2000}^{BRA}}{L_{j,2000}^{BRA}}$$

Onde $Expo_{i,2000,2010}^{BRA}$ mede a exposição a robôs industriais domésticos das microrregiões i e no período de 2000 a 2010 (que iremos atualizar). $l_{ij,2000}$ é uma variável fornecida pelo Censo que representa a proporção de empregos no setor j no ano 2000, em nível de microrregião i , para $J = 19$ (número de setores que o própria IFR separa). $M_{j,t}^{BRA}$ é o estoque de robôs no nível do setor j , no ano t , para $t = 2000$ ou $t = 2010$, no Brasil. Por último, $L_{j,2000}^{BRA}$ é uma variável fornecida pelo WIOD que representa o número de empregos no nível do setor j no ano de 2000 no Brasil.

$$ii) \quad Expo_{i,2000,2010}^{D5} = \sum_{j \in J} l_{ij,2000} * E_{d \in D5} * \frac{M_{j,2010}^d - M_{j,2000}^d}{L_{j,2000}^d}$$

Onde $Expo_{i,2000,2010}^{D5}$ é a medida de exposição da microrregião i a robôs industriais estrangeiros (média de 5 robôs estrangeiros) de 2000 a 2010. $M_{j,t}^d$ é o estoque de robôs no setor j no ano t ($t = 2000$ ou 2010) no país d . Por último, $L_{j,2000}^d$ é o número de empregos no setor j no ano 2000 no país d , fornecido por WIOD.

Estima-se o efeito da introdução de robôs industriais no emprego usando a seguinte regressão:

$$\Delta Y_{is,2000,2010} = \beta_0 + \beta_1 Expo_{is,2000,2010}^{BRA} + \pi X_{is,2000} + \omega W_{is,2000,2010} + \delta_s + \epsilon_{is}$$

Onde as variáveis são definidas para cada microrregião i da união Federativa s . $\Delta Y_{is,2000,2010}$ corresponde à diferença de Emprego (Total, Formal e Informal) por 100 habitantes. $Expo_{is,2000,2010}^{BRA}$ representa a medida de exposição a robôs brasileiros (explicada acima). $X_{is,2000}$ caracteriza um vetor de Controles no ano 2000, enquanto $W_{is,2000,2010}$ representa um vetor de controles correspondente à variação no período 2000-2010. δ_s representa os Efeitos Fixos por Unidade Federativa. O erro padrão é agrupado no nível da unidade federativa. As regressões também são ponderadas pela população das microrregiões no ano 2000.

A regressão mencionada acima tem algumas limitações em sua estimativa por Mínimos Quadrados Ordinários (OLS). Uma grande limitação é que a exposição a robôs brasileiros pode ser endógena. Para resolver esse problema, usa-se a exposição a robôs estrangeiros (média de países estrangeiros) como uma variável instrumental. Especificamente, estima-se um modelo de Mínimos Quadrados em Dois Estágios (2SLS), no qual robôs estrangeiros servem como instrumento para robôs domésticos.

Segunda parte – Analisando *papers* recentes sobre *AI*

The A.I. Dilemma: Growth versus Existential Risk

Autor: Charles I. Jones

O paper desenvolve modelos simples para ilustrar as forças econômicas envolvidas nas reflexões envolvendo *AI*. O *framework* envolve variáveis relacionadas a *AI*, como: Aceleração de crescimento, utilidade da população, probabilidade de catástrofe, além de subespecificações para cada uma dessas variáveis. Estabelece-se uma dinâmica onde a *AI* pode funcionar por alguns anos e depois ser parada, de tal forma que, quanto mais tempo a *AI* continuar rodando, maior se torna o risco de catástrofe. Mas existem cenários onde o ponto ótimo é deixá-la funcionando por um curto período e depois desligá-la.

Todos os resultados das simulações são muito sensíveis a variável de risco existencial da *AI*. Dependendo do valor deste parâmetro, a escolha ótima é não utilizar *AI* em qualquer momento do tempo. Os diferentes níveis de consumo entre populações também é relevante. Considerando, por exemplo, os níveis de consumo de pessoas de baixa renda, a utilidade marginal de consumir é mais alta, o que as torna mais suscetíveis a tolerar os riscos existenciais da *AI*. Isto é, eles estão mais dispostos a “apostar com suas vidas” para ter uma melhora no consumo. Por outro lado, pessoas em países mais ricos, ou que têm a renda mais elevada, são mais avessas a esse risco.

Se a *AI* não destrói o mundo, ela pode fazer mais do que apenas acelerar o crescimento econômico. Ela poderia, por exemplo, ajudar, ou criar, inovações na medicina que iriam reduzir a mortalidade. À medida que a população se torna mais rica e a vida mais valiosa, o risco existencial da *AI* seria compensado pelo aumento das expectativas de vida. O *paper* não se arrisca a delinear conclusões mais tangíveis do impacto da inteligência artificial na sociedade, justamente por estar lidando com modelos teóricos abstratos, o que é evidenciado por uma variável simplista que representa a probabilidade de o mundo acabar com o uso de *AI*. Mas são realizados exercícios de sensibilidade que são interessantes para enxergar as dinâmicas envolvidas na introdução de uma tecnologia disruptiva como a Inteligência Artificial.

Market Power in Artificial Intelligence

Autor: Joshua S. Gans

O objetivo da pesquisa é examinar o problema de Poder de Mercado na provisão de *AI*. Os recursos que são utilizados para gerar previsões, que em última instância são o produto das aplicações de *AI*, são dados (para usar como *input* e para usar em treinamento), talento (cientistas de dados e desenvolvedores de *AI*) e

computador (o hardware utilizado para treinar *AI* e rodar tarefas de inferência). Existe potencial de concentração de mercado em todos esses recursos e, conseqüentemente, no produto da *AI*. Do ponto de vista de competição, uma atribuição útil, embora reconhecidamente não perfeita, das funções distintas dos dados de formação (treinamento) e de entrada (*input*) é que os dados de formação, ao permitirem a criação de algoritmos de previsão de *AI*, são um componente chave que impulsiona a entrada em um mercado, enquanto os dados de entrada, ao permitir que os algoritmos de previsão funcionem de forma eficaz, é um componente chave que impulsiona o custo e/ou a qualidade das ofertas das empresas em um mercado.

O poder de mercado no fornecimento de dados de formação é examinado considerando situações em que as empresas estabelecidas têm maior acesso a dados de formação e que isto cria uma barreira potencial à entrada. Existem outros recursos relacionados com a *AI*, como a computação, que também podem criar barreiras à entrada. No entanto, o foco está nos dados de formação, não apenas porque podem ser o componente mais importante do modelo, mas também porque a sua natureza não-rival significa que podem ser disponibilizados gratuitamente tanto para os incumbentes como para os novos participantes. Assim, os incentivos dos operadores incumbentes é não disponibilizarem esses dados, mesmo a um determinado preço, conduzindo a barreiras de entrada mais elevadas e a um poder de mercado por parte daqueles que geram ou detêm dados de formação.

O uso de dados por um algoritmo de *AI* pode exibir retornos crescentes de escala. Isso porque, quando uma firma é capaz de atrair clientes, ela pode usar os dados gerados por esses clientes para aprimorar seu algoritmo. Ou seja, vencendo no período 1 (o paper faz a distinção entre período 1 e 2 para ilustrar as dinâmicas competitivas entre firmas entrantes e incumbentes) a empresa assegura dados que podem levar a uma maior qualidade de produto no futuro e melhorar sua vantagem competitiva, de tal forma que ela pode ter incentivos a oferecer descontos no período 1. Em outras palavras, firmas estariam dispostas a subsidiar clientes no período 1 para melhorar suas perspectivas no período 2. Naturalmente, dados coletados em um mercado podem ser úteis em outros mercados que servem os mesmos consumidores, criando incentivos para a venda de dados. As empresas, então, enfrentam uma função de elasticidade-demanda para os seus dados e exercerão algum poder de mercado sobre o seu fornecimento. Por exemplo, a Tesla, que atua no segmento automobilístico, detém dados de distância percorrida por seus usuários, que poderiam ser úteis para empresas de transporte como Uber e Waymo (Aqui vamos desconsiderar que a Tesla está desenvolvendo um segmento de Táxis autônomos, que competiria com a Uber e Waymo). Por fim, o paper ainda desenvolve cenários de divulgação completa de dados, não-divulgação e divulgação parcial, dependendo da demanda por dados. Em cada um desses cenários existe teoria de jogos por trás, onde a escolha ótima de uma firma varia de acordo com a ação de um competidor, ou ação esperada de um competidor baseada em uma distribuição de probabilidade. O paper não utiliza dados reais, apenas desenvolve modelos teóricos em volta de um aspecto que não é explorado frequentemente nas discussões sobre *AI*, que seria justamente a dinâmica competitiva entre firmas produtoras.

Regulating Artificial Intelligence

Autores: Joao Guerreiro, Sergio Rebelo e Pedro Teles

O paper começa separando os custos sociais da *AI* em duas categorias: Externalidades Negativas e Internalidades. Mas a discussão fica em volta somente das Externalidades Negativas geradas pelos algoritmos de *AI*. Estabelece-se duas configurações: Externalidades irreversíveis e Externalidades ajustadas através de *beta testing*. Três resultados são demonstrados:

1. Submeter a liberação de algoritmos à aprovação regulatória é insuficiente para implementar o ótimo social – os desenvolvedores ainda têm um incentivo para criar algoritmos que são excessivamente arriscados.
2. Simplesmente responsabilizar os desenvolvedores pelas externalidades negativas produzidas por seus algoritmos implementa o ótimo social se os desenvolvedores não estiverem protegidos por *Limited Liability*. No entanto, esta política também é insuficiente para implementar o ótimo social se os desenvolvedores estiverem protegidos por *Limited Liability*.
3. Pode-se alcançar uma solução próxima do ótimo social quando os reguladores exigem *beta testing* para avaliar as externalidades e responsabilizar os criadores pelas externalidades adversas dos seus algoritmos, mesmo que haja *Limited Liability*. Uma vantagem desta solução é que os desenvolvedores não precisam buscar aprovação regulatória antes de implementar seus algoritmos.

O paper considera um planejador central que pode decidir, no primeiro período, o nível de disrupção da *AI* e o número de pessoas que podem ter acesso. Se o algoritmo é implementado no primeiro período, o planejador conhece sua externalidade. No segundo período, o planejador então decide se vai permitir a *AI* e quantas licenças podem ser ofertadas. O planejador pode escolher fazer *beta testing* no primeiro período, e sua abordagem é sempre mais cautelosa que a do desenvolvedor. Existem aplicações de *AI* para os quais o desenvolvedor prefere um lançamento imediato para o público em geral, enquanto o planejador opta por *beta testing*. Ambas as observações decorrem do fato de o planejador considerar as externalidades que afetam toda a população, enquanto o desenvolvedor se preocupa apenas com o impacto da externalidade na sua própria utilidade.

Por fim, supõe-se que as externalidades sejam locais, ou seja, a utilização de um algoritmo de *AI* em um país não impõe externalidades a outros países. Os reguladores nacionais podem alcançar um ótimo global sem *Limited Liability*, responsabilizando os desenvolvedores pelas externalidades locais. Com *Limited Liability*, os reguladores locais devem aplicar políticas ideais de *beta testing* e responsabilizar os desenvolvedores por externalidades. Estas implementações não requerem coordenação global. A cooperação internacional é geralmente necessária quando existe concorrência fiscal ou externalidades globais, ou seja, quando a utilização de um algoritmo de *AI* em um país impõe externalidades a outros países.

Deixando de lado a cooperação, o princípio regulatório básico que emerge da análise normativa do paper é que, em um ambiente com *Limited Liability*, os incentivos privados e públicos estão aproximadamente alinhados quando os reguladores exigem *beta testing* para identificar externalidades ou internalidades e responsabilizar os desenvolvedores pelos impactos adversos causados por seus algoritmos.

Scenarios for the Transition to AGI

Autores: Anton Korinek e Donghyun Suh

O paper assume que o trabalho humano pode ser decomposto em tarefas que diferem em sua complexidade. Os avanços na tecnologia tornam tarefas cada vez mais complexas passíveis de automação. Os efeitos sobre os salários dependem de uma corrida entre a automação e a acumulação de capital. Se a automação avançar de forma suficientemente lenta, então haverá sempre trabalho suficiente para os seres humanos e os salários poderão aumentar para sempre. Por outro lado, se a complexidade das tarefas que os seres humanos podem realizar for limitada e a automatização total for alcançada, os salários entrarão em colapso. Mas os declínios poderão ocorrer mesmo antes, se a automatização em grande escala ultrapassar a acumulação de capital e tornar a mão-de-obra demasiadamente abundante. Captura-se isso assumindo que existe um limite de complexidade de tarefa que pode ser automatizado em um determinado momento, capturado por um índice de automação. Este índice cresce exogenamente ao longo do tempo, em linha com regularidades como a Lei de Moore.

Uma medida natural da complexidade de tarefa é a quantidade de computação (abreviação de recursos computacionais) necessária para a execução de uma tarefa por máquinas. Algumas tarefas, como somar números em uma planilha, podem ser realizadas com cálculo mínimo. Em contraste, outras exigem uma quantidade substancial de computação para as máquinas, apesar de parecerem naturais e fáceis para os humanos, como navegar um corpo bípede sobre uma superfície irregular. O paper descreve como as tarefas diferem em complexidade computacional usando uma função de distribuição que captura tarefas no espaço de complexidade. Uma interpretação alternativa para tarefas que são muito complexas para automatizar é que a sociedade pode optar por não automatizar certas tarefas mesmo quando for viável fazê-lo. Isto pode aplicar-se, por exemplo, a algumas das tarefas desempenhadas por sacerdotes, juízes ou legisladores.

A análise começa por examinar o equilíbrio sob ofertas fixas de capital e trabalho. Mostra-se que a automação pode ter impactos dramáticos nos salários e na produção, mesmo antes de atingir todas as tarefas. Existe um nível limite do índice de automação que separa duas regiões distintas. Enquanto o índice permanecer abaixo do limiar, a mão-de-obra continuará a ser escassa em relação

ao capital e os salários permanecerão elevados. Porém, uma vez que o índice de automação ultrapassa este limiar, a economia entra em uma segunda região, onde a escassez de mão de obra é amenizada, apesar da presença de algumas tarefas que ainda precisam ser executadas por humanos. Nesta região, o trabalho e o capital tornam-se substitutos perfeitos na margem, e os salários diminuem drasticamente para se igualarem ao produto marginal do capital.

Os autores modelam cenários de não-automatização, automatização parcial e automatização completa. O artigo esclarece como diferentes pressupostos plausíveis sobre a distribuição da complexidade das tarefas no “espaço computacional” se traduzem em cenários dramaticamente diferentes para os resultados econômicos. Se a distribuição de tarefas tiver uma cauda de Pareto infinita, refletindo a complexidade ilimitada do trabalho humano, então os salários poderiam aumentar indefinidamente se esta cauda for suficientemente espessa, uma vez que a acumulação de capital automatiza tarefas cada vez mais complexas, mas resta sempre espaço suficiente para o trabalho humano. Contudo, se a cauda de Pareto for demasiadamente fina, então a automação acabará por ultrapassar a acumulação de capital e causará um colapso nos salários. Além disso, se a complexidade das tarefas que os humanos podem executar for limitada, refletindo os limites da cognição humana, então se demonstra que os salários aumentariam inicialmente à medida que as máquinas substituíssem cada vez mais o trabalho humano, mas acabariam por entrar em colapso, mesmo antes de a *AGI (Artificial General Intelligence)* total ser alcançada .

Além desses cenários, o artigo fornece vários insights gerais poderosos. Utilizando a fronteira de preços dos fatores da economia, mostra-se que os efeitos da automação seguem uma forma de U inverso, primeiro aumentando os salários através da utilização de capital abundante, mas eventualmente diminuindo os salários devido à deslocação do trabalho.

Applying AI to rebuild Middle Class Jobs

Autor: David Autor

David Autor traz uma perspectiva diferente neste artigo. Ele argumenta que, a *AI* vai produzir externalidades positivas e possivelmente restaurar o “coração da classe média” e das qualificações médias do mercado de trabalho dos EUA, que foi esvaziado pela automação e pela globalização, expondo assim uma visão que contrasta com a maioria das narrativas disseminadas pela mídia. Um ponto interessante é que Autor traz o tema da demografia, argumentando que, devido a pirâmide etária na grande maioria dos países, o maior risco hoje é de falta de trabalhadores, e não o contrário. E que a inteligência artificial permitiria que trabalhadores realizassem funções que demandam um nível de habilidade mais alto. Para ilustrar, Autor cita o exemplo de enfermeiras, que hoje já realizam muitas funções que no passado eram destinadas à médicos. E com a *AI* esse processo poderia se intensificar ainda mais.

Autor faz uma revisão histórica do impacto da tecnologia no mercado de trabalho para sustentar o argumento de que a *AI* é uma ferramenta, como uma calculadora ou uma motosserra, e as ferramentas geralmente não substituem a experiência, mas são alavancas para a sua aplicação. Segundo o autor, disrupções tecnológicas no passado afetaram a balança de qualidades valorizadas em trabalhadores. Antes da revolução industrial, quase todos os bens eram feitos por especialistas. Pessoas que dedicavam sua vida para realizar seu ofício da melhor forma possível. Mas com a Revolução Industrial, essa expertise foi substituída por máquinas, de tal forma que muitas fábricas na Inglaterra do século 18 utilizavam crianças sem experiência para operar as máquinas. Isto é, a revolução industrial erodiu o valor da expertise do artesão. A computação, por sua vez, erodiu o valor da expertise de produção em massa. A capacidade dos computadores de executar tarefas rotineiras de maneira eficiente reduziu a necessidade de trabalhadores com habilidades específicas para essas tarefas.

Ainda seguindo essa premissa, argumenta-se que à medida que a informatização avançava, os rendimentos dos trabalhadores com formação universitária de quatro anos e especialmente pós-graduação como os de direito, medicina, ciências e engenharia, aumentaram vertiginosamente. Ironicamente, a informatização revelou-se igualmente importante para aqueles empregados em trabalhos não especializados. Muitos dos empregos mais mal pagos nos países industrializados são encontrados em ocupações de serviços práticos: serviços de alimentação, serviços de limpeza e zeladoria, segurança e cuidados pessoais. Embora estes trabalhos exijam destreza, visão, simples capacidades de comunicação e bom senso —e são, portanto, tarefas não rotineiras, inadequadas para a informatização— são, no entanto, mal remunerados porque exigem pouca experiência: a maioria dos adultos fisicamente aptos pode realizá-los com o mínimo de esforço, treinamento e certificação. Os computadores não podiam “fazer” este trabalho, mas aumentaram a oferta de trabalhadores que competiam por ele. Assim, em vez de catalisar uma nova era de especialização em massa, como fez a Revolução Industrial, a informatização alimentou uma tendência de quatro décadas de crescente desigualdade.

As capacidades da *AI* são o inverso da computação: Ironicamente, a *AI* não é confiável com fatos e números – não respeita regras. Ela é, no entanto, notavelmente eficaz na aquisição de conhecimento tácito. Em vez de depender de procedimentos codificados, ela aprende através do exemplo, ganha domínio sem instrução explícita e adquire capacidades que não foi explicitamente projetada para possuir. Em vez de tornarem o conhecimento especializado desnecessário, as ferramentas muitas vezes o tornam mais valioso, ampliando a sua eficácia e âmbito. E quanto mais poderosa for a ferramenta, maiores serão os riscos. A inteligência artificial, em geral, não permitirá, segundo Autor, que trabalhadores não treinados e não especializados realizem tarefas de alto risco, como procedimentos médicos. Mas pode permitir que trabalhadores com uma base adequada de conhecimentos subam de nível.

O autor se provoca no final do paper sobre a possibilidade de ele estar subestimando a capacidade dessas ferramentas substituírem os humanos por

completo. Para responder, ele argumenta que a IA irá acelerar o progresso na robótica, mas a era em que será viável e rentável implementar robôs para executar tarefas fisicamente exigentes em ambientes imprevisíveis do mundo real, em vez de em ambientes de fábrica rigidamente controlados, permanece distante. Se isto parece indevidamente pessimista, considere como as principais empresas tecnológicas da nossa era falharam no fornecimento de condução autônoma (Vale aqui fazer a ressalva que este argumento não é incostentável, uma vez que na China este tipo de aplicação têm avançado rapidamente). Não é porque operar o volante, o acelerador e o pedal do freio seja um exagero para os robôs. É trivial. O que continua a ser profundamente desafiador é interpretar e responder adequadamente a um mundo de pedestres imprevisíveis, perigos rodoviários em constante mudança e condições climáticas adversas. Vista sob esta luz, a destreza cognitiva e física necessária para instalar uma caixa de disjuntor, preparar uma refeição ou catarizar um paciente parece incrível. Em suma, apoiando-se no paradoxo de Polanyi, ele acredita que existem trabalhos que são feitos por humanos de maneira “intuitiva” e robôs jamais farão melhor.

Artificial Intelligence and Jobs: Evidence from Online Vacancies

Autores: David Autor, Jonathon Hazell e Pascual Restrepo

Este artigo estuda a adoção da *AI* nos Estados Unidos e suas implicações. O ponto de partida é que a adoção da *AI* pode ser parcialmente identificada a partir do rastro que deixa nos estabelecimentos que a adotam, à medida que contratam trabalhadores especializados em atividades relacionadas com *AI*, tais como aprendizagem supervisionada e não supervisionada, processamento de linguagem natural, tradução automática ou reconhecimento de imagens.

Para colocar essa ideia em prática, foi construído um conjunto de dados de atividade de *AI* no nível da empresa com base no universo próximo de ofertas de emprego on-line nos EUA e seus requisitos. Começa-se com uma perspectiva baseada em tarefas, ligando a adoção da *AI* e as suas possíveis implicações à estrutura de tarefas de uma empresa. Esta perspectiva enfatiza que as aplicações atuais de *AI* são capazes de realizar tarefas específicas e prevê que as empresas envolvidas nessas tarefas serão as que vão adotar mais tecnologias de *AI*.

O primeiro resultado é que há um rápido aumento nas ofertas de vagas de *AI* a partir de 2010 e acelera significativamente por volta de 2015–16. Esta atividade é impulsionada por empresas com estruturas de tarefas que são compatíveis com as atuais capacidades de *AI*. O segundo resultado estabelece uma forte associação entre a exposição à *AI* e mudanças nos tipos de habilidades exigidas pelas empresas. Esta evidência reforça o argumento de que a *AI* está alterando a estrutura de tarefas dos empregos, substituindo algumas tarefas executadas por humanos e, ao mesmo tempo, gerando novas tarefas acompanhada por novas exigências de competências.

Em princípio, os estabelecimentos expostos à *AI* poderiam registrar um aumento nas contratações (não relacionadas com a *AI*) se a *AI* complementar diretamente os trabalhadores em algumas tarefas, aumentando a sua produtividade e encorajando mais contratações, ou se a *AI* substituir os trabalhadores em algumas tarefas, mas aumentar a produtividade total dos fatores suficientemente para aumentar a procura em tarefas não automatizadas através de um efeito de produtividade. Alternativamente, a adoção da *AI* poderia reduzir as contratações se as tecnologias substituíssem muitas tarefas anteriormente realizadas pelos trabalhadores e se as contratações adicionais que surgem em tarefas não automatizadas não compensarem esta deslocação. O terceiro resultado principal vai mais em linha com o último ponto e mostra que a exposição à *AI* está associada a menores contratações (não relacionadas à *AI* em geral). O tempo destas relações também é plausível: Quedas substanciais nas contratações ocorrem no período durante o qual a atividade de *AI* aumentou – entre 2014 e 2018. Este padrão de resultados, combinado com a concentração da atividade de *AI* em tarefas mais expostas à *AI*, sugere que o recente aumento da *AI* é impulsionado em parte pela automatização de algumas das tarefas anteriormente executadas por humanos.

Não foram encontradas evidências da visão de que existem grandes complementaridades entre humanos e *AI* nesses estabelecimentos ou a expectativa de que a *AI* aumentará as contratações devido aos seus grandes efeitos na produtividade - embora não se possa descartar que outras aplicações que não são capturadas no artigo possam ter tais efeitos. Em contraste com os padrões a nível da empresa, não se detectou qualquer relação entre a exposição à *AI* e o emprego, ou salários globais ao nível da indústria ou da profissão. Não existem impactos significativos no emprego nas indústrias com maior exposição à *AI*, e também não existem efeitos no emprego ou nos salários para profissões que estão mais expostas à *AI*. Conclui-se que, apesar do aumento notável na adoção da *AI*, o impacto desta nova tecnologia ainda é pequeno relativamente à escala do mercado de trabalho dos EUA para ter tido impactos de primeira ordem nos padrões de emprego fora da própria contratação de *AI*. No entanto, as principais conclusões – que a adoção da *AI* é impulsionada por estabelecimentos que têm uma estrutura de tarefas adequada à utilização da *AI* e que isto tem sido associado a declínios significativos na contratação nestes estabelecimentos – implicam que quaisquer efeitos positivos de produtividade e complementaridade da *AI* são atualmente pequenos em comparação com as suas consequências de deslocamento.

Firm Investments in Artificial Intelligence Technologies and changes in Workforce Composition

Autor: Tania Babina, Anastassia Fedyk, Alex X. He e James Hoden

Este paper estuda as mudanças na composição e organização da força de trabalho das empresas dos EUA associadas ao uso de tecnologias de *AI*. Para fazer isso, aproveitam uma combinação única de currículos de trabalhadores e conjuntos de dados de ofertas de emprego para medir os investimentos em *AI* no nível da

empresa e variáveis de composição da força de trabalho, como nível educacional, especialização e hierarquia.

O *paper* documenta que as empresas com porcentagens iniciais mais elevadas de trabalhadores altamente qualificados e de trabalhadores STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) investem mais em *AI*. À medida que as empresas investem em *AI*, tendem a transitar para forças de trabalho mais qualificadas, com porcentagens mais elevadas de trabalhadores com licenciatura e pós-graduação, e mais especialização em áreas STEM e competências em TI. Além disso, os investimentos em *AI* estão associados a um achatamento da estrutura hierárquica das empresas, com aumentos significativos na porcentagem de trabalhadores no nível júnior e diminuições na porcentagem de trabalhadores em cargos de gestão intermediária e superiores. No geral, os resultados destacam que a adoção de tecnologias de *AI* está associada a uma reorganização significativa da força de trabalho das empresas.

Hoje, a compreensão empírica da relação entre os investimentos das empresas em novas tecnologias de *AI* e a composição de trabalhadores das empresas permaneceu ilusória devido a dois desafios principais: a dificuldade de medir os investimentos em *AI* no nível da empresa e a falta de dados granulares sobre as empresas. Vários artigos recentes fazem progresso na superação do primeiro desafio, utilizando as ofertas de emprego e os currículos dos trabalhadores para identificar a contratação e o estoque de mão-de-obra qualificada em *AI*. A principal contribuição deste artigo reside na superação do segundo desafio. Usa-se dados correspondentes entre empregadores e funcionários nos EUA com base nos currículos dos trabalhadores, incluindo informações detalhadas sobre empregos individuais e sobre a formação educacional dos funcionários. Utilizando estes dados, construiu-se medidas ao nível da empresa sobre a composição do trabalho e a organização da força de trabalho, incluindo os antecedentes educativos e as posições hierárquicas dos funcionários, e ligou-se elas aos investimentos em *AI* ao nível da empresa.

Para construir medidas de composição da força de trabalho e avaliar suas relações com os investimentos em *AI* das empresas, aproveita-se de uma combinação única de conjuntos de dados que capturam tanto o estoque de funcionários atuais quanto a demanda por novos funcionários entre as empresas dos EUA. A análise começa descrevendo como a composição de trabalhadores ex-ante das empresas prevê o crescimento futuro dos investimentos das empresas em *AI*. O método primeiro identifica habilidades que estão empiricamente relacionadas às principais tecnologias de *AI* e, em seguida, usa essas habilidades para classificar os trabalhadores relacionados à *AI*. A conclusão de que investimentos em *AI* são maiores em empresas que possuem um corpo técnico mais robusto vai em linha com a tese de que, firmas com trabalhadores que possuem uma melhor formação acadêmica atrem mais trabalhadores com melhores formações acadêmicas. A estrutura hierárquica da organização das empresas não prevê significativamente o crescimento dos investimentos em *AI*. Mas é significativa: Uma mudança de um desvio padrão na porcentagem de trabalhadores de IA numa empresa está associada a um aumento de 1,6% na

porcentagem de funcionários juniores de 2010 a 2018, enquanto a gestão intermediária diminuiu 0,8% e a gestão sênior 0,7%. Outros resultados numéricos constam que, um aumento de um desvio padrão na parcela de trabalhadores de *AI* da empresa se traduz em um aumento de 3,7% na parcela de trabalhadores cujo nível educacional máximo é um diploma de bacharelado, um aumento de 2,9% na parcela de trabalhadores cuja escolaridade máxima é o mestrado e um aumento de 0,6% nos doutorados. Estes aumentos de trabalhadores qualificados correspondem a um declínio de 7,2% na porcentagem de trabalhadores sem ensino superior. Um aumento de um desvio padrão na porcentagem de trabalhadores de *AI* está associado a 0,5 ano adicional de educação exigida nas novas vagas de emprego da empresa.

New Technologies and Jobs in Europe

Autores: Stefania Albanesi, António Dias da Silva, Juan F. Jimeno, Ana Lamo e Alena Wabitsch

O paper examina a ligação entre a evolução do mercado de trabalho e as novas tecnologias, como a inteligência artificial e o software, em 16 países europeus durante o período 2011-2019. Utilizando dados para profissões com salários no nível de 3 dígitos na Europa, descobre-se que, a proporção média de empregos aumentaram em ocupações mais expostas à *AI*. Este é particularmente o caso das profissões com uma proporção relativamente mais elevada de trabalhadores mais jovens e qualificados. Esta evidência está alinhada com a teoria da Mudança Tecnológica Tendenciosa por Competências. Embora exista heterogeneidade entre países, apenas muito poucos países mostram um declínio nas porcentagens de emprego de profissões mais expostas à automação possibilitada pela *AI*. A heterogeneidade dos países para este resultado parece estar ligada ao ritmo da difusão tecnológica e da educação, mas também ao nível de regulação do mercado de produtos (concorrência) e às leis de proteção do emprego. Em contraste com as conclusões relativas ao emprego, encontrou-se poucas evidências de uma relação entre salários e exposições potenciais a novas tecnologias. O artigo também mostra como essas associações variam através de diferentes habilidades e idades.

Os autores utilizam dois índices para avaliar a exposição a *AI* – Webb (2020) e Felten et al. (2018). Ambas medidas são interpretadas como substitutas. Os resultados sugerem uma associação positiva entre a automação possibilitada pela *AI* e as mudanças nas porcentagens de emprego na amostra agrupada de países europeus, independentemente do proxy utilizado. De acordo com o indicador de exposição à *AI* proposto por Webb, em média na Europa, o movimento de 25 percentis ao longo da distribuição da exposição à *AI* está associado a um aumento da porcentagem de emprego no setor profissional de cerca de 2,6%. Utilizando a medida de Felten et al. o aumento estimado da porcentagem de emprego no setor é de 4,3%. A associação positiva apoia a ideia de que, na Europa, a automatização possibilitada pela adoção da *AI* não resultaria numa redução do emprego agregado,

e contrasta de alguma forma com as conclusões para os EUA. Avaliando os padrões dentro de grupos populacionais e países específicos, não se encontra qualquer alteração significativa nas porcentagens de emprego que estejam associadas à exposição potencial à *AI* para os tercis de competências baixas e médias. No entanto, para o tercil de competências elevadas, encontra-se uma associação positiva e significativa: Estima-se que um movimento de 25 percentis para cima ao longo da distribuição da exposição à *AI* esteja associado a um aumento de 3,1% na porcentagem de emprego no setor altamente qualificado, utilizando o índice de Webb, e de 6,6% utilizando a medida de Felten et al.

Para esclarecer a possível prevalência da teoria da Rotinização, análises semelhantes foram realizadas para automação habilitada por software usando a medida ocupacional de Webb. As conclusões estão um pouco em desacordo com o trabalho seminal sobre o efeito das tecnologias digitais nos salários (Krueger 1993 e Autor et al. 1998). A relação entre a exposição ao software e as mudanças no emprego é heterogênea entre países, mas nula para a amostra agrupada, e não se identificou evidências de que o software substitui empregos rotineiros de qualificação média.

De maneira geral, os resultados indicam um impacto ligeiramente positivo da *AI* no mercado de trabalho, embora seja cedo para prever o âmbito e a aplicabilidade das mais recentes vagas de tecnologias de *AI* e a análise pode ser omissa quanto aos efeitos agregados. Uma interpretação plausível das conclusões é que o efeito negativo sobre o emprego é muito menos considerável do que a perspectiva mais pessimista de destruição de empregos provocada pela *AI*, frequentemente enfatizada em narrativas populares. Além disso, a associação positiva entre a exposição potencial à *AI* e o emprego entre os trabalhadores jovens e qualificados sugere que a acumulação de capital humano e o aumento da oferta de trabalho no topo da distribuição de competências continuam a ser a forma de acomodar as novas tecnologias sem perdas de emprego.

The Turing Transformation: Artificial Intelligence, Intelligence Augmentation, and Skill Premiums

Autores: Ajay K. Agrawal, Joshua S. Gans e Avi Goldfarb

O paper argumenta que a automatização de tarefas, especialmente quando impulsionada pelos avanços da *AI*, pode melhorar as perspectivas de emprego e potencialmente alargar as possibilidades de emprego de muitos trabalhadores, em linha com a tese do David Autor. O mecanismo negligenciado que é destacado é o potencial para mudanças no prêmio de competências, onde a automatização de tarefas por *AI* melhora exogenamente o valor das competências de muitos trabalhadores, expande o conjunto de trabalhadores disponíveis para realizar outras tarefas e, no processo, aumenta o rendimento do trabalho e potencialmente reduz a desigualdade. Os autores chamam essa possibilidade de “Transformação de Turing”.

Como tal, argumentam que os investigadores e decisores políticos em *AI* não devem se concentrar nos aspectos técnicos das aplicações de *AI* e se estas são dirigidas ou não à automatização de tarefas executadas por humanos e, em vez disso, concentrar-se nos resultados da pesquisa em *AI*. Ao fazê-lo, o objetivo não é diminuir a pesquisa em *AI* centrada no ser humano como um objetivo louvável. Em vez disso, quer-se observar que a pesquisa em *AI* que utiliza um modelo de tarefa humana com o objetivo de automatizar essa tarefa pode muitas vezes aumentar o desempenho humano de outras tarefas e de campos inteiros. Os efeitos distributivos da tecnologia dependem mais de quais trabalhadores têm tarefas que são automatizadas do que do fato da automação em si.

Boa parte da argumentação gira em torno da crença de que a automação de uma pessoa pode ser uma ferramenta para outra, e as duas não são mutuamente exclusivas. Para ilustrar, utilizam o exemplo dos Taxistas em Londres. Durante anos eles eram obrigados a decorar o mapa da cidade e muitos passavam anos estudando para a prova, de tal forma que isso criava uma barreira de entrada a profissão. Hoje, o “superpoder” dos taxistas está disponível gratuitamente para qualquer pessoa que tenha um telefone. Os mapas digitais significam que qualquer pessoa pode encontrar a melhor rota, seja de carro, a pé ou de transporte público, em praticamente qualquer lugar do mundo. A tecnologia de mapeamento substitui a habilidade de navegação do motorista. Não fornece algo novo, mas replica uma habilidade humana de forma mais barata. Como resultado, os salários dos taxistas caíram. A automatização da vantagem competitiva dos taxistas, no entanto, significou oportunidades para milhões de outros. Ao combinar ferramentas de navegação com despacho digital de táxi, Uber e Lyft permitiram que quase qualquer pessoa com um carro prestasse os mesmos serviços que os motoristas de táxi. Nos EUA, havia aproximadamente 200.000 motoristas profissionais de táxi e limusine. Hoje, mais de 10 vezes esse número dirige apenas pelo Uber.

Uma das conclusões do artigo é justamente que a *AI* reduz o *gap* entre os trabalhadores menos qualificados e os mais qualificados. O artigo fornece provas sugestivas de que isto acontece porque os trabalhadores menos qualificados aprendem o que os seus pares mais qualificados fariam numa determinada situação.

The Simple Macroeconomics of AI

Autor: Daron Acemoglu

O paper investiga impactos macroeconômicos da *AI*. Ele parte do ponto que, no nível micro, aplicações de *AI* levariam a ganhos de produtividade e reduções de custos que, por sua vez, gera consequências macroeconômicas que são medidas por uma versão do teorema de Hulten: PIB e ganhos agregados de produtividade podem ser estimados pela fração de tarefas impactadas e a redução média de custos induzida por aplicações de *AI*. Apesar de sua aparente simplicidade, a aplicação desta equação está longe de ser trivial, porque há uma

enorme incerteza sobre quais tarefas serão automatizadas ou complementadas, e quais serão as reduções de custo. O resultado atingido é um aumento de 0.66% na produtividade total dos fatores (PTF) ao longo de 10 anos. Mas o próprio paper reconhece que esse resultado pode ser exagerado, uma vez que eles levam em conta tarefas “fáceis de aprender”, quando no futuro muitos dos ganhos de produtividade vão vir de tarefas “difíceis de aprender”, onde existem diversos fatores idiossincráticos e nenhuma medida objetiva de resultados a partir da qual se possa aprender sobre o sucesso das aplicações. Consequentemente, os ganhos de PTF previstos para os próximos 10 anos são ainda mais modestos e prevê-se que sejam menos de 0,53%. O paper também explora salários de *AI* e efeitos de desigualdade, mostrando que, teoricamente, mesmo que a *AI* aumente a produtividade de trabalhadores não qualificados em certas tarefas, isso na verdade aumenta a desigualdade. Empiricamente, acha-se que os avanços da *AI* dificilmente aumentarão a desigualdade tanto quanto as tecnologias de automação anteriores, porque o seu impacto está distribuído de forma mais equitativa entre grupos demográficos, mas também não há evidências de que a *AI* irá reduzir a desigualdade de salários. Em vez disso, prevê-se que a *AI* aumente o *gap* entre capital e rendimento do trabalho. Finalmente, mostra-se que algumas das novas tarefas criadas pela *AI* podem ter valor social negativo (como design de algoritmos para manipulação online), e discute-se como incorporar os efeitos macroeconômicos destas novas tarefas.

Acemoglu comenta que muitos experts acreditam que as implicações verdadeiramente transformacionais da *AI*, incluindo Inteligência Artificial geral (AGI), que permitem a *AI* executar essencialmente todas as tarefas humanas, podem estar mais próximas do que muitos pensam. Outros previsores são mais fundamentados, mas ainda preveem grandes efeitos sobre a produção. Goldman Sachs (2023) prevê um aumento de 7% no PIB global, equivalente a 7 bilhões de dólares, e um aumento de 1,5% ao ano no Crescimento da produtividade nos EUA durante um período de 10 anos. O Instituto Global McKinsey (2023) sugere que a *AI* generativa poderia oferecer um impulso tão grande quanto US\$ 17,1 a US\$ 25,6 trilhões para economia global, para além das estimativas anteriores de crescimento econômico resultante do aumento da automação. Eles consideram que o impacto global da *AI* e de outras tecnologias de automação poderia produzir um aumento de até 1,5 - 3,4 pontos percentuais no crescimento médio anual do PIB em economias avançadas na próxima década.

Com tecnologias de automação prévias, como robótica, a maior parte dos benefícios foi direcionado aos empresários, donos das firmas, enquanto os trabalhadores cujas tarefas foram impactadas pela automação foram prejudicados (e.g., Acemoglu and Restrepo, 2020a). Há quem diga que pode ser diferente dessa vez, uma vez que a *AI* poderia aumentar a produtividade de trabalhadores menos qualificados (e.g., Peng et al., 2023; Noy and Zhang, 2023; Brynjolfsson et al., 2023). Isso deixa alguns estudiosos moderadamente otimistas (Autor, 2024), e outros extremamente otimistas (The Economist, 2023).

O paper utiliza o framework de Acemoglu e Restrepo (2018, 2019b, 2022) para trazer algumas reflexões ao debate. Monta-se um modelo baseado em tarefas

onde a produção de um bem requer uma série de tarefas a serem realizadas, e essas tarefas podem ser alocadas a capital ou trabalho. A automação seria entendida como um aumento nas tarefas alocadas a capital. Os ganhos de produtividade provocados pela *AI*, podem então vir de alguns canais:

- i) A automação envolve modelos de *AI* assumindo e reduzindo custos em determinadas tarefas. No caso da *AI* generativa, várias funções administrativas de nível médio, resumo de texto, classificação de dados, reconhecimento avançado de padrões e tarefas de visão computacional estão entre aquelas que podem ser automatizadas de forma lucrativa.
- ii) A complementaridade de tarefas pode aumentar a produtividade em tarefas que não são totalmente automatizadas e pode até aumentar o produto marginal do trabalho. Por exemplo, trabalhadores executando determinadas tarefas podem ter informações melhores ou acesso a outros insumos complementares. Alternativamente, a *AI* pode automatizar algumas subtarefas, ao mesmo tempo permitindo que os trabalhadores se especializem e aumentem sua produtividade em outros aspectos de seu trabalho
- iii) O aprofundamento da automação pode ocorrer, aumentando a produtividade do capital nas tarefas que já foram automatizados. Por exemplo, um sistema de segurança de TI já automatizado pode ser executado com mais sucesso pela *AI* generativa.
- iv) Novas tarefas podem ser criados, impactando a produtividade de todo o processo de produção.

O paper foca nos dois primeiros canais. Ele utiliza dados de vários estudos recentes, como Eloundou et al. (2023) and Svanberg et al. (2024), além dos estudos mencionados acima (Goldman e McKinsey). Toma-se as estimativas de Eloundou et al. de tarefas expostas à *AI* (sem distinguir automação vs. complementaridades de tarefas). Então agrega-se isso ao nível ocupacional e pondera-se a importância de cada profissão pela sua participação na massa salarial na economia dos EUA. Esse cálculo implica que 20% das tarefas de trabalhadores dos EUA estão expostas à *AI*. Então usa-se a estimativa de Svanberg et al. para tarefas de visão computacional das quais, entre todas as tarefas expostas, 23% podem ser lucrativas se forem realizadas pela *AI* (para o resto, os autores estimam que os custos ultrapassam os benefícios). Presume-se que a poupança média nos custos de trabalho seja de 27% – a média das estimativas em Noy e Zhang (2023) e Brynjolfsson et al. (2023) – e transforma-se isso em economia geral de custos usando a participação da mão-de-obra na indústria, o que implica uma poupança média global de custos de 14,4%. Este cálculo implica o resultado comentado acima que a produtividade total dos fatores (PTF) terá efeitos nos próximos 10 anos que não devem ser superiores a 0,66% no total – ou um aumento de aproximadamente 0,064% no crescimento anual da PTF. Ao somar os maiores ganhos de produtividade de Peng et al. (2023), que provavelmente serão menos

aplicáveis amplamente ou incorporar novas quedas nos custos de GPU, este número ainda permanece em torno de 0,9%.

Para transformar estes números em estimativas de PIB, precisa-se saber quanto é que o estoque de capital aumentará devido à *AI*. Começa-se com o referencial de que um aumento no estoque de capital será proporcional ao aumento da PTF. Este referencial é consistente com o fato de que a *AI* generativa não parece exigir grandes investimentos por parte dos usuários (além daqueles feitos por designers e treinadores dos modelos). Com estes efeitos de investimento incorporados, estima-se também que o PIB cresça em 0,93% - 1,16% nos próximos 10 anos. Quando se presume que a resposta do investimento serão semelhantes aos das tecnologias de automação anteriores e usarão a estrutura completa de Acemoglu e Restrepo (2022) para estimar o aumento do estoque de capital, limite superior sobre o PIB sobe para cerca de 1,4% -1,56%. No entanto, na estrutura do paper também se esclarece que se a razão capital-produto aumentar em resposta ao aumento da PTF, isso poderá aumentar o PIB em mais do que a PTF, mas não contribui adicionalmente para o bem-estar, porque o investimento extra sai do consumo.

Mas em seguida Acemoglu argumenta que os valores alcançados logo acima são superestimados, por levarem em conta as tarefas “fáceis de aprender”, quando parte dos impactos de *AI* virão de tarefas “difíceis de aprender”. Ganhos de produtividade com *AI* nessas tarefas difíceis será menor – embora seja um desafio determinar exatamente quanto menos. Usando uma série de suposições (especulativas), o autor estima um limite superior de 73% de tarefas fáceis entre as tarefas expostas por Eloundou et al. Supõe-se em seguida que os ganhos de produtividade em tarefas difíceis será aproximadamente um quarto das fáceis. Isto leva a uma atualização que mostra um aumento mais modesto na PTF e no PIB nos próximos 10 anos, com limites superiores de 0,53% e 0,90%, respectivamente.

Entrando na parte de bem-estar, o paper aponta que novas tarefas criadas com *AI* podem ter um valor social negativo, como *deepfakes*, anúncios digitais enganosos, mídias sociais viciantes ou programas maliciosos. Embora seja difícil quantificar as novas tarefas boas e ruins, com base em pesquisas recentes, sugere-se que os efeitos negativos de novas tarefas ruins podem ser consideráveis. Faz-se uma tentativa muito especulativa usando números sobre os efeitos negativos no bem-estar das redes sociais a partir de um artigo recente de Bursztyrn et al. (2023). Esses autores descobriram que os consumidores têm uma disposição positiva para pagar pelo uso de redes sociais (em particular Instagram e TikTok) quando outros também as utilizam, mas prefeririam que nem eles nem outros as usassem. A Grosso modo, suas estimativas implicam que a receita pode aumentar em cerca de \$53 por usuário-mês, mas isso tem um impacto negativo no PIB/bem-estar total equivalente a \$19 por usuário-mês. Combinando esses números com uma estimativa da fração de atividades que podem gerar valor social negativo (na prática, receitas de redes sociais e gastos em corridas armamentistas de ataque-defesa em segurança de TI), sugere-se que com o uso mais intensivo de *AI*, é possível ter aumentos não triviais no PIB. Por exemplo, a *AI* pode aparentar aumentar o PIB em 2%, enquanto na realidade reduz o bem-estar em -0,72% (em

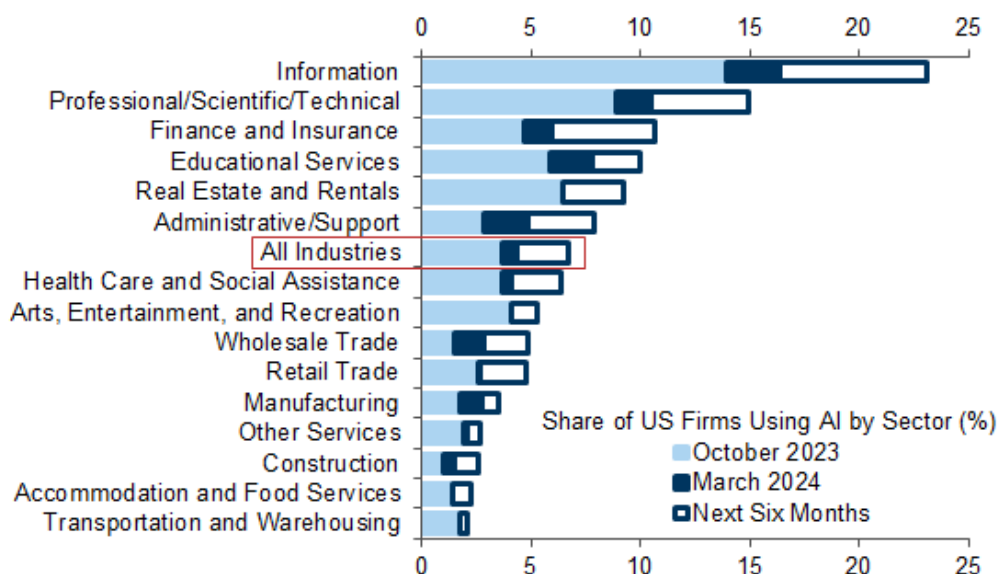
unidades equivalentes de consumo).

Por fim, no que tange a desigualdade social, adaptando as estimativas de equilíbrio geral de Acemoglu e Restrepo (2022) para o contexto da *AI*, conclui-se que o uso mais intensivo de *AI* provavelmente não levará a quedas substanciais nos salários dos grupos afetados, pois as tarefas expostas à *AI* estão mais uniformemente distribuídas entre os grupos demográficos do que as tarefas expostas às ondas anteriores de automação. No entanto, estima-se que a *AI* não reduzirá a desigualdade e provavelmente terá um efeito negativo nos ganhos reais de mulheres com baixa escolaridade (especialmente mulheres brancas, nativas e com baixa escolaridade). As descobertas também sugerem que a *AI* ampliará ainda mais a diferença entre a renda do capital e a renda do trabalho como um todo. Para se ter efeitos de igualdade e renda mais favoráveis, seria necessário criar novas tarefas para trabalhadores de baixa e média renda.

Terceira parte – Consolidando as informações levantadas

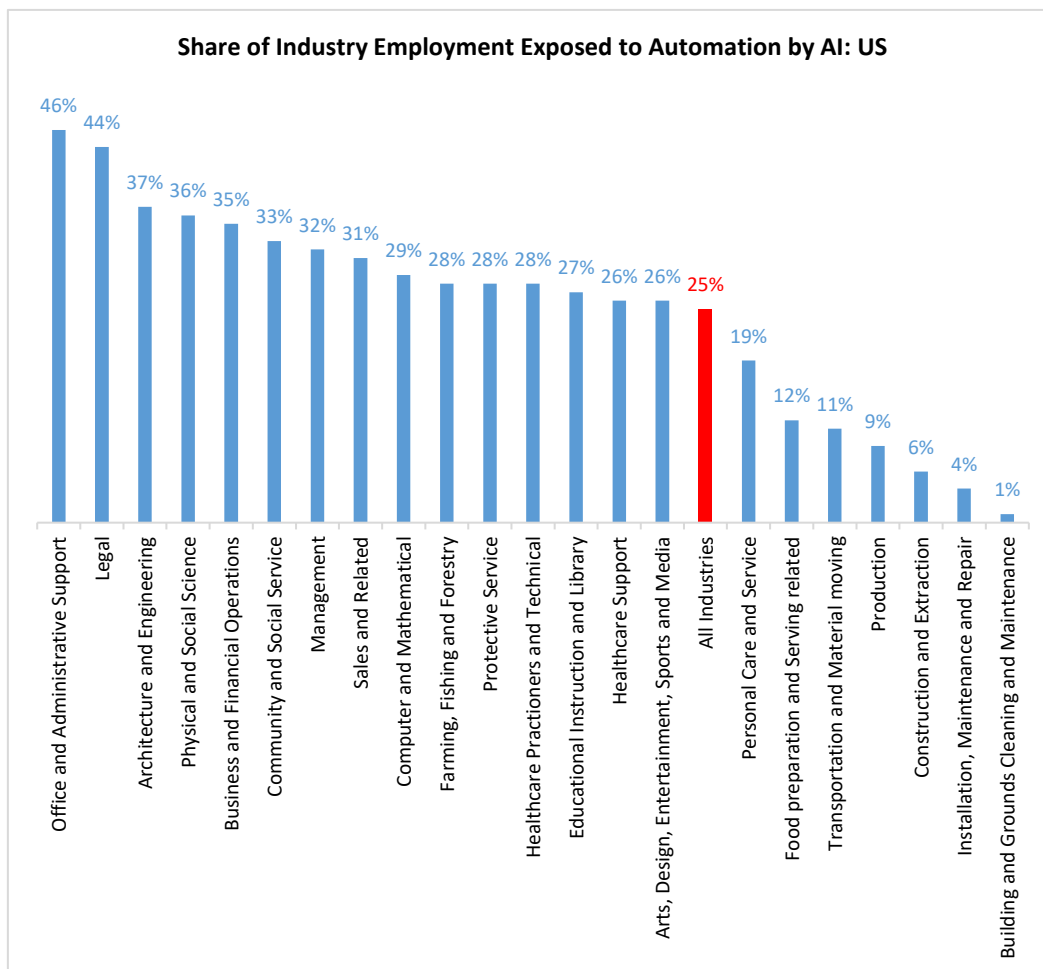
Levando-se em conta todos os artigos resumidos acima, fica evidente que existem muitas possibilidades sobre como a *AI* vai afetar a sociedade. É uma tecnologia recente, de tal forma que seu impacto no mercado de trabalho ainda é incipiente, e com poucos precedentes, fazendo com que seu futuro tenha um alto grau de imprevisibilidade. O que parece ser possível de se afirmar hoje é que a *AI* não causou um efeito significativo no desemprego, mas provocou deslocamentos no mercado de trabalho, sobretudo nas firmas que possuem um conjunto de tarefas mais suscetíveis a serem impulsionadas, ou substituídas, pela *AI*.

Gráfico 1: Adoção de *AI* é maior nos setores de Informação e Serviços



Fonte: Goldman Sachs

Gráfico 2: AI generativa consegue automatizar entre 1-46% das tarefas amplamente definidas nos Estados Unidos



Fonte: Goldman Sachs

Essas deslocções têm sido na direção de pessoas com mais especializações técnicas e níveis de educação mais altos. Ironicamente, as deslocções também vão na direção de um achatamento da estrutura hierárquica. Por fim, também parece seguro afirmar que hoje as aplicações de *AI* têm servido mais como ferramentas que impulsionam a produtividade do que como aplicações que substituem os trabalhadores.

Vale ressaltar que, qualquer análise sobre o impacto no mercado de trabalho é difícil de ser realizada não só pela natureza recente da Inteligência Artificial, mas também pelo atual ciclo econômico dos principais países desenvolvidos, onde a maior parte das empresas de *AI* são sediadas. Depois do grande estímulo monetário e fiscal que se seguiu da pandemia da COVID-19, o mercado de trabalho na maioria dos países foi muito estimulado. Hoje, mesmo com os juros americanos no maior patamar em 20 anos, o desemprego se encontra em um nível historicamente baixo. Contribuindo para isso, foi um fenômeno apelidado de “*Great Resignation*”, onde, sobretudo nos Estados Unidos, uma massa

de funcionários, sem aparentes conexões entre si, demitiram-se relativamente no mesmo período de tempo ou se recusaram a voltar a trabalhar depois que a economia se recuperou da pandemia. Por este e por outros motivos, as empresas hoje poderiam estar mais resistentes em demitir funcionários, o que distorceria qualquer análise do impacto da *AI* (Aqui refere-se em grande medida à *AI* que sucedeu o lançamento do Chat GPT) no atual mercado de trabalho. De acordo com um estudo recente do Federal Reserve Bank of St. Louis, que utiliza evidência dos resultados trimestrais das empresas americanas, sugere que um mercado de trabalho historicamente restritivo levou as empresas a adotarem tecnologias de automação para fazer face à escassez de mão-de-obra. Este efeito parece ser particularmente forte em indústrias com elevada proporção de tarefas manuais rotineiras. Para colocar este efeito do investimento em perspectiva, as estimativas do estudo implicam que, desde 2021, o aumento de problemas de mão de obra (devido, por exemplo, a mercados de trabalho mais restritivos) estimulou aproximadamente \$55 bilhões de dólares adicionais em investimento na economia dos EUA. Este é um montante significativo e semelhante em tamanho ao financiamento delienado através do CHIPS e do *Science Act* de 2022 para impulsionar a pesquisa e fabricação doméstica de semicondutores. O mercado de trabalho hoje está historicamente restritivo, mas tem desacelerado na margem: O número de vagas de emprego por trabalhador desempregado era de cerca de 2 no início de 2022. Desde então, esta razão caiu ligeiramente para 1,3 em abril de 2024. Ou seja, pode-se entender os atuais problemas de mão de obra como de natureza temporária, mas eles estão incentivando investimentos em automação (que envolve cada vez mais o uso de *AI*) que possui uma natureza permanente. Então por mais que existam vetores atrasando o desenvolvimento da *AI*, como energia e movimentos trabalhistas, existem vetores os incentivando.

Seguindo esta premissa e em linha com Charles I. Jones (2024) e Acemoglu (2024), vou comentar sobre os possíveis fatores afetando a velocidade de desenvolvimento de aplicações de *AI*. Um dos principais gargalos relacionados a *AI* generativa é energia. Dada a quantidade massiva de dados que precisam ser analisados, torna-se necessário a construções de *Data Centers* enormes com capacidades de processamento poderosas. O grupo de pesquisa Dgtl Infra estimou que as despesas de capital globais em *Data Centers* ultrapassarão US\$ 350 bilhões em 2024. O presidente-executivo da Nvidia (uma empresa líder em tecnologia que impulsiona a revolução da *AI* com suas poderosas GPUs e plataformas de computação avançada, essenciais para o desenvolvimento e treinamento de modelos de inteligência artificial), Jensen Huang, disse este ano que US\$ 1 trilhão em *Data Centers* precisariam ser construídos nos próximos anos para apoiar a *AI* generativa. Uma pesquisa da Universidade de Washington mostra que centenas de milhões de consultas no ChatGPT podem custar o equivalente à energia consumida por 33.000 residências nos EUA – cerca de um gigawatt-hora por dia, segundo o Yahoo! Finance. Uma consulta do ChatGPT “provavelmente consumirá 10 a 100 vezes mais energia” do que um e-mail, disse o professor de engenharia elétrica e de computação da UW, Sajjad Moazeni, ao Yahoo! Finance. E isto acontece em um momento em que países ao redor do mundo estão trabalhando na transição energética para fontes renováveis. Isto tem significado aposentar usinas de carvão, por exemplo, para adotar usinas solares e eólicas, que usam fontes intermitentes.

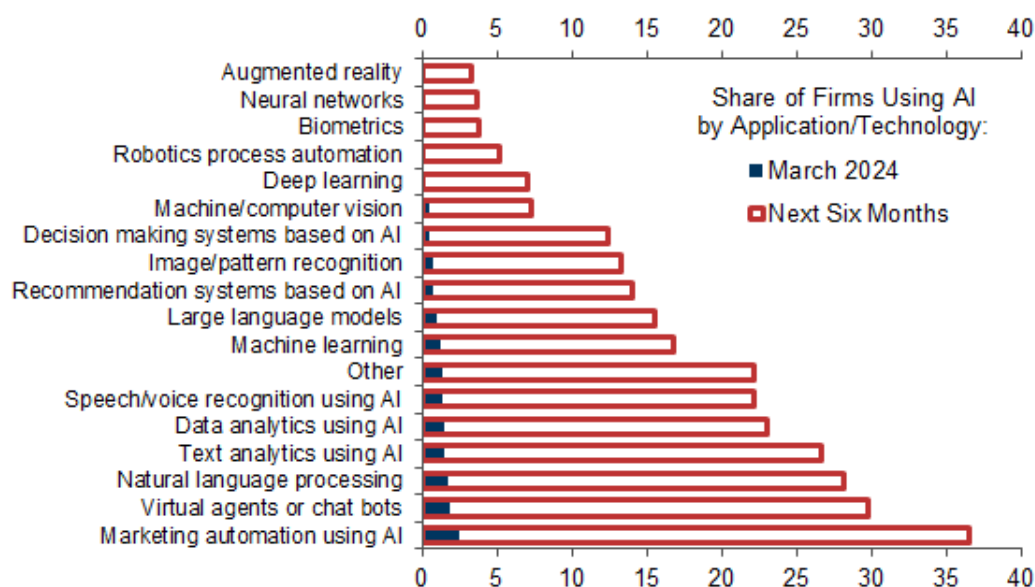
Soma-se a isso o fato de que eventos climáticos extremos são cada vez mais frequentes por causa do aquecimento global. Ou seja, a demanda por energia está crescendo vertiginosamente em um dos momentos mais voláteis e vulneráveis da infraestrutura energética em décadas. Por último, vale também citar que, provavelmente teremos movimentos trabalhistas e propostas de regulação por parte dos governos que visam frear a Inteligência Artificial. Nos últimos anos, vários movimentos grevistas mencionaram o uso de inteligência Artificial como um dos principais pontos de reclamação. Aqui estão alguns exemplos:

- 1) Greve dos Roteiristas de Hollywood (2023): Os roteiristas de Hollywood entraram em greve, e um dos principais pontos de discórdia foi a utilização da *AI* na criação de roteiros. Os membros do Writers Guild of America (WGA) expressaram preocupações de que os estúdios pudessem usar *AI* para gerar roteiros ou modificar os existentes, potencialmente prejudicando a qualidade do trabalho e reduzindo as oportunidades para roteiristas humanos.
- 2) Greve dos Trabalhadores do setor automobilístico da GM, Ford e Stellantis (2023): Os trabalhadores da indústria automotiva também levantaram preocupações sobre a automação e a *AI* durante suas negociações. Os membros da United Auto Workers (UAW) destacaram que a crescente automação e o uso de *AI* poderiam levar à perda de empregos e demandaram garantias sobre a preservação de postos de trabalho humanos.
- 3) Greve dos Trabalhadores da Amazon (2022): Trabalhadores de armazéns da Amazon nos EUA e em outros países realizaram greves e protestos, mencionando o uso de sistemas de *AI* para monitoramento de produtividade como um dos fatores de pressão. Eles argumentaram que esses sistemas aumentam o ritmo de trabalho a níveis insustentáveis e resultam em condições de trabalho desumanas.

Esses exemplos demonstram como a integração da *AI* em diversas indústrias está se tornando uma preocupação crescente entre os trabalhadores, levando-os a buscar proteções contra o impacto potencial da tecnologia em seus empregos e condições de trabalho.

Dados sugerem que à medida que a adoção da *AI* generativa aumenta, o volume de pessoal diminui em determinadas áreas funcionais, incluindo suporte administrativo e de escritório, FP&A (planejamento e análise financeira), suporte jurídico e ao cliente. Além disso, vê-se o crescente fracionamento do trabalho como uma tendência secular, com uma proliferação de empregos temporários, *freelancers* e temporários que complementam ou, em alguns casos, substituem os cargos a tempo integral.

Gráfico 3: AI generativa já tem muitos usos hoje



Fonte: Goldman Sachs

A Upwork (uma plataforma americana de *Freelancing*) divulgou recentemente os resultados de uma pesquisa com 1.400 líderes empresariais dos EUA sobre o impacto da *AI* generativa no local de trabalho. As principais conclusões incluem:

1) As empresas contratarão mais como resultado da *AI* generativa - 49% dos líderes empresariais dizem que contratarão mais freelancers, 49% dizem que contratarão mais funcionários em tempo integral e 64% dos executivos de alto escalão entrevistados dizem que contratarão mais profissionais de todos os tipos devido à *AI* generativa.

2) Há uma desconexão entre os gerentes de nível executivo e sua equipe de liderança sobre se sua empresa está adotando a *AI* generativa - 73% dos executivos de nível executivo dizem que sua empresa adota a *AI* generativa, em comparação com apenas 54% dos Vice Presidentes, 52% dos diretores e 53% dos gerentes seniores.

3) As empresas que priorizam o trabalho remoto são mais propensas a adotar a *AI* generativa - 68% das empresas remotas em tempo integral dizem que estão adotando ativamente a *AI* generativa, em comparação com apenas 53% das empresas que trabalham em tempo integral no escritório.

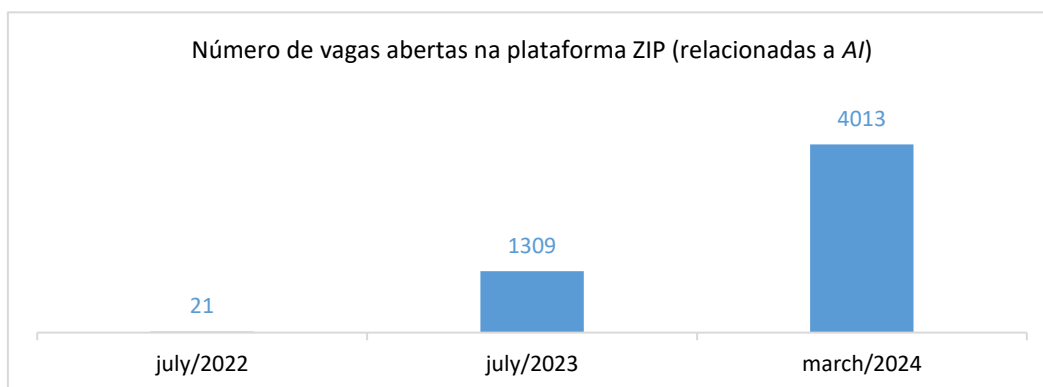
4) As médias empresas estão liderando a adoção da *IA* generativa - 62% das médias empresas (501-5.000 funcionários) dizem que estão aproveitando a *AI* generativa, em comparação com 56% das pequenas empresas (251-500 funcionários) e 41% das maiores empresas (mais de 5.001 funcionários). Embora exista provavelmente uma variedade de fatores que contribuem para a diferença

na adoção da *AI* consoante o tamanho da empresa, uma explicação poderia ser que as pequenas e médias empresas estavam à frente da curva no investimento e na integração da *AI*. De acordo com um estudo da Deloitte de 2021, as médias e pequenas empresas tiraram proveito de ferramentas e serviços de *AI* mais acessíveis que reforçaram a sua posição competitiva em relação às empresas maiores. Este investimento inicial pode explicar a maior adoção de *AI* generativa entre as médias e pequenas empresas, e corrobora o resultado chegado em Albanesi, S., Silva, A. D., Jimeno, J. F., Lamo, A., & Wabitsch, A. (2023) e Tania Babina, Anastassia Fedyk, Alex X. He e James Hoden (2023) de que a adoção de *AI* leva a um achatamento hierárquico nas empresas mais expostas.

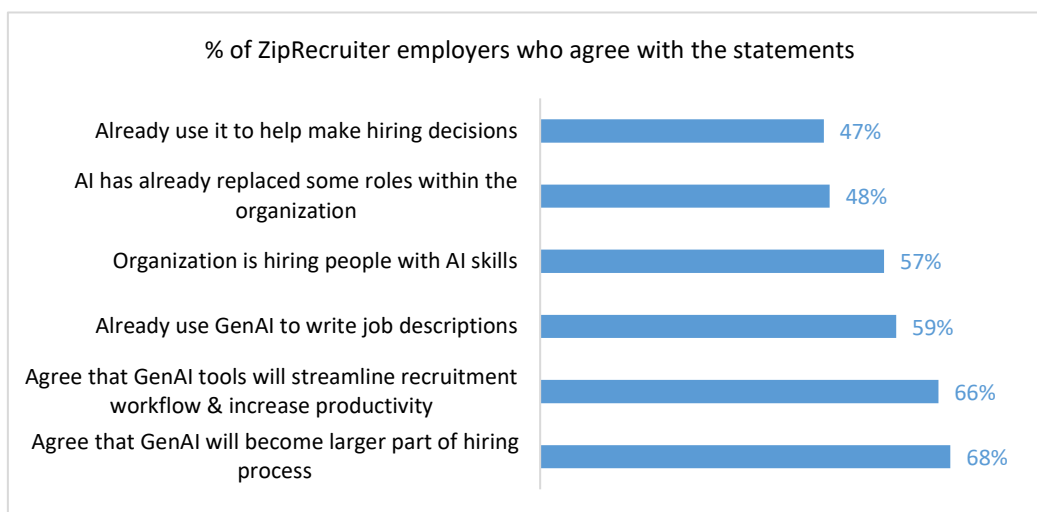
5) A maioria dos líderes empresariais utiliza pessoalmente *AI* generativa - 59% dos líderes empresariais dizem que estão pessoalmente a adotar ferramentas de *AI* generativa, como ChatGPT e Midjourney.

Em linha com essas conclusões, uma pesquisa da ZIP recruiter também trouxe dados sobre a adoção de *AI* generativa.

Gráfico 4: Número de vagas abertas na plataforma ZIP



Fonte: Pesquisa com 2000+ empregados na ZIP recruiter

Gráfico 5: Pesquisa da ZIP encontra intenções fortes de adoção AI

Fonte: Pesquisa com 2000+ empregados na ZIP recruiter

Conclui-se que a maneira como a *AI* vai se desenvolver é extremamente incerta. Pode ser que, conforme Autor (2024) e Ajay K. Agrawal, Joshua S. Gans e Avi Goldfarb (2024) argumentam, a *AI* vai simplesmente aumentar a nossa base inicial de conhecimento e os seres humanos vão começar a explorar temas cada vez mais complexos, que hoje sequer conseguimos conceber. Talvez ela compense a escassez de trabalhadores provocada pela crise demográfica, ou de fato veremos um futuro mais pessimista onde uma grande parte da população vai perder seus empregos para computadores.

Existe um recurso no Chat GPT onde o usuário pode armanear memórias. Isto serve para que a aplicação se torne mais eficiente e personalizada. Uma maneira inteligente de utilizar este recurso é criando uma espécie de diário. Então, por exemplo, um gestor de recursos de um fundo de investimentos poderia todos os dias armazenar os sentimentos dele em relação ao mercado como memória. Passado algum tempo, esta memória externa poderia se tornar uma espécie de consciência secundária. Esta dinâmica evidencia que a maneira como o usuário vai utilizar a Inteligência Artificial deve alterar significativamente os ganhos proporcionados por ela. Voltando para o exemplo do gestor de recursos de um fundo de investimentos: Se a sua *AI* personalizada foi alimentada com décadas de comentários sobre os mercados, ela provavelmente vai ser mais eficiente no auxílio a tarefas dentro deste universo. Em última instância eu acredito que a Inteligência Artificial pode ser tanto usada como uma bengala ou como uma alavanca. As pessoas dedicadas, disciplinadas, que valorizam o processo e o conhecimento e que entendem que pegar atalhos é ruim para o desenvolvimento de longo prazo, devem continuar no topo de todas as profissões.

Referências Bibliográficas

Otoni, B. e Barreira, T. (2020). Robôs e o aumento da Informalidade.

Acemoglu, D. and Restrepo, P. (2020). Robots and jobs: Evidence from us labor markets. *Journal of Political Economy*, 128(6):2188–2244.

Artuc, E., Christiaensen, L., and Winkler, H. (2019). Does automation in rich countries hurt developing ones?: Evidence from the us and mexico. Evidence from the US And Mexico (February 14, 2019). World Bank Policy Research Working Paper, (8741).

Dauth, W., Findeisen, S., Südekum, J., and Woessner, N. (2017). German robots-the impact of industrial robots on workers.

Faber, M. (2020). Robots and reshoring: Evidence from mexican labor markets. *Journal of International Economics*, 127:103384.

Graetz, G. and Michaels, G. (2017). Is modern technology responsible for jobless recoveries? *American Economic Review*, 107(5):168–73.

Kugler, A. D., Kugler, M., Ripani, L., and Rodrigo, R. (2020). Us robots and their impacts in the tropics: Evidence from colombian labor markets. Technical report, National Bureau of Economic Research.

Stemmler, H. (2019). Does automation lead to de-industrialization in emerging economies? -evidence from brazil. Evidence from Brazil (September 13, 2019). CEGE Discussion Papers Number.

Autor, David; Dorn, David. How will language models like ChatGPT affect occupations and industries? National Bureau of Economic Research, Working Paper n. 31837, 2024.

Flores, René; Moreno, Lorenzo. Immigrant parents and the socialization of children's time use. National Bureau of Economic Research, Working Paper n. 32270, 2024.

Guardado, Joaquín; Keogh, Chris. How does the perception of long-term unemployment affect labor market outcomes? National Bureau of Economic Research, Working Paper n. 31921, 2024.

Ma, Ling; Wang, Jie. The effects of COVID-19 on trade and globalization. National Bureau of Economic Research, Working Paper n. 32255, 2024.

Jones, Charles I.; Kim, SeHyoun A. The impact of machine learning on economics. National Bureau of Economic Research, Working Paper n. 32140, 2024.

Acemoglu, Daron; Restrepo, Pascual. AI and jobs: Evidence from online vacancies. Massachusetts Institute of Technology, 2023.

Benner, Katie. How AI technology is reshaping the economy. The New York Times, 1 abr. 2024.

David Autor. Future of Humanity Institute, University of Oxford, 2024.

Goldin, Claudia; Katz, Lawrence F. The race between education and technology revisited. National Bureau of Economic Research, Working Paper n. 31325, 2024.

Heckman, James J.; Pinton, Stefano. The economics of human development: The role of health in shaping the evolution of skills. National Bureau of Economic Research, Working Paper n. 31357, 2024.

Shapiro, Jesse M.; Muller, Jason C. The economic impact of large-scale immigration on the U.S. labor market. National Bureau of Economic Research, Working Paper n. 31767, 2024.

Carroll, Gabriel. Behavioral responses to state tax and transfer policies. National Bureau of Economic Research, Working Paper n. 32487, 2024.

Robbins, Nathan. Does worker scarcity spur investment in automation? Productivity evidence from earnings calls. Federal Reserve Bank of St. Louis, 2024.

