

Michele Maria da Silva

**Previsão para o mercado de trabalho
brasileiro através da metodologia de
Box e Jenkins**

Niterói - RJ, Brasil
25 de agosto de 2020

Michele Maria da Silva

**Previsão para o mercado de trabalho brasileiro
através da metodologia de Box e Jenkins**

Trabalho de Conclusão de Curso

Monografia apresentada para obtenção do grau de Bacharel em
Estatística pela Universidade Federal Fluminense.

Orientadora: Prof.^a MSc. Maria Cristina Bessa Moreira

Niterói - RJ, Brasil

25 de agosto de 2020

Michele Maria da Silva

Previsão para o mercado de trabalho brasileiro através da metodologia de Box e Jenkins

Monografia de Projeto Final de Graduação sob o título “*Previsão para o mercado de trabalho brasileiro através da metodologia de Box e Jenkins*”, defendida por Michele Maria da Silva e aprovada em 25 de agosto de 2020, na cidade de Niterói, no Estado do Rio de Janeiro, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Profa. MSc. Maria Cristina Bessa Moreira
Departamento de Estatística – UFF

Prof. Dr. Moisés Lima de Menezes
Departamento de Estatística – UFF

Profa. Dra. Núbia Karla de Oliveira Almeida
Departamento de Estatística – UFF

Niterói 25 de agosto de 2020

Ficha catalográfica automática - SDC/BIME
Gerada com informações fornecidas pelo autor

S586p Silva, Michele Maria da
Previsão para o mercado de trabalho brasileiro através da metodologia de Box e Jenkins / Michele Maria da Silva ; Maria Cristina Bessa Moreira, orientador. Niterói, 2020.
82 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística)-Universidade Federal Fluminense, Instituto de Matemática e Estatística, Niterói, 2020.

1. Mercado de trabalho. 2. SARIMA. 3. Previsões. 4. Box-Jenkins. 5. Produção intelectual. I. Moreira, Maria Cristina Bessa, orientador. II. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Matemática e Estatística. III. Título.

CDD -

Resumo

Este trabalho tem por objetivo fazer previsões para os mercados de trabalho formal e informal no período compreendido entre janeiro e dezembro de 2020. Por meio de uma análise descritiva preliminar constatou-se que, enquanto o mercado de trabalho formal, composto majoritariamente por trabalhadores com carteira e funcionários públicos, apresentou queda até meados de 2017 e um crescimento lento até o final de 2019 o mercado informal, formado majoritariamente por trabalhadores por conta própria sem CNPJ e trabalhadores sem carteira assinada, apresentou um crescimento contínuo em praticamente todo o período. Verificou-se ainda que a proporção dos mercados formal e informal sobre os ocupados manteve-se praticamente estável longo do período (participação média de 60% dos formais contra 40% dos informais). Por meio da metodologia de Box-Jenkins, com base nos critérios de informação e nas medidas de desempenho, os modelos SARIMA (1,1,0) x (1,1,0)_[12] e o SARIMA (1,1,2) x (0,1,0)_[12] foram selecionados como os modelos com o menor número de parâmetros, mais bem ajustados e com os melhores desempenhos preditivos para o mercado formal e para o informal, respectivamente. As previsões segundo esses modelos indicam que haverá crescimento em ambos os mercados de trabalho para o ano de 2020, porém de modo mais acentuado para o mercado de trabalho formal. A variação interanual estimada desse último também será superior à do mercado informal. Apesar disso, estima-se que a proporção dos mercados de trabalho formal e informal sobre a população ocupada permaneça praticamente inalterada indicando que as alterações nas relações contratuais de trabalho provocadas pela Reforma Trabalhista ainda não foram suficientes para promover uma transferência dos trabalhadores informais para o mercado de trabalho formal.

Palavras-chave: Mercado de trabalho. SARIMA. Previsões. Box-Jenkins.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Iva e Misael (in memoriam), pelo amor incondicional e aos meus irmãos, os quais têm sido meus verdadeiros amigos nessa empreitada chamada vida.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela vida.

Agradeço à professora Maria Cristina por toda atenção e apoio desde o início desse trabalho. Durante a graduação, sempre que nos encontrávamos, conversávamos sobre educação. A professora Maria Cristina é uma educadora nata e por isso todo o seu trabalho é pautado na construção do conhecimento. Com a monografia não foi diferente e eu sou grata por tudo que aprendi.

Agradeço à professora Julia Braga, que mesmo sem poder dar continuidade a coorientação foi fundamental para o desenvolvimento desse trabalho. A inspiração para a realiza-lo veio através das suas aulas de Séries Temporais, as quais ela ministra de maneira excepcional

Agradeço aos professores do curso de Estatística, fundamentais para a minha formação e, em particular, aos professores Núbia e Moisés por participarem da banca examinadora.

Agradeço à professora Ana Maria, a dama de ferro que tem um coração generoso.

Por fim, agradeço a todos os funcionários dos setores administrativo, de serviços, de segurança e do bandejão.

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

1 Introdução	12
1.1 Revisão bibliográfica	12
1.2 Motivação	15
1.3 Objetivos	16
1.4 Organização	16
2 Materiais e Métodos	17
2.1 Materiais	17
2.1.1 Dados: fonte e características	17
2.1.2 Periodicidade dos dados, período de análise e recurso utilizado	18
2.2 Definições e conceitos	19
2.2.1 Principais definições em séries temporais	19
2.2.2 Processos estocásticos comuns	19
2.2.3 Operadores de defasagem e de diferença	21
2.2.4 Modelo SARIMA (p,d,q) x (P,D,Q)	21
2.2.5 Tendência estacionária e diferença estacionária	23
2.2.6 Função de autocorrelação e Função de autocorrelação parcial	24
2.3 Metodologia de Box-Jenkins	25
2.3.1 Identificação	26
2.3.1.1 Ordens de integração	26
2.3.1.2 Ordens de defasagens	29
2.3.2 Estimação	29
2.3.3 Análise dos resíduos	31
2.3.4 Seleção de modelos	32
2.3.4.1 Critérios de informação	32
2.3.4.2 Medidas de desempenho	33

2.3.5 Previsão	33
2.4 Estrutura organizacional	35
3 Análise dos Resultados	36
3.1 Análise descritiva dos mercados de trabalho formal e informal	36
3.2 Aplicação da metodologia de Box-Jenkins nos mercados de trabalho formal e informal	42
3.2.1 Identificação dos modelos	42
3.2.1.1 Identificação das ordens de integração	42
3.2.1.2 Identificação das ordens de defasagens	46
3.2.2 Estimação dos parâmetros	49
3.2.3 Análise dos resíduos	55
3.2.4 Critérios de informação	59
3.2.5 Qualidade do ajuste	60
3.2.6 Previsão	61
3.2.6.1 Previsão I	61
3.2.6.2 Previsão II	63
4 Conclusões	66
Referências	68
Apêndice 1 – Tabelas adicionais	72
Anexo 1 – Definições das variáveis do mercado de trabalho segundo o IBGE	82

Lista de Figuras

1	Evolução do número de trabalhadores nos mercados de trabalho formal e informal	36
2	Séries temporais das componentes dos mercados de trabalho formal e informal	38
3	Séries temporais dos mercados de trabalho formal e informal	39
4	Variação interanual para os mercados de trabalhado formal e informal	39
5	<i>Boxplots</i> do número de trabalhadores para os mercados de trabalho formal e informal...	40
6	Decomposição das séries temporais: mercados de trabalho formal e informal	41
7	Sazonalidade nos mercados de trabalho formal e informal	41
8	Mercado de trabalho formal: série em nível, com uma diferenciação simples, com uma diferenciação simples e sazonal e correlogramas associados	43
9	Mercado de trabalho informal: série em nível, com uma diferenciação simples, com uma diferenciação simples e sazonal e correlogramas associados	45
10	Correlograma e correlograma parcial para o mercado de trabalho formal	47
11	Correlograma e correlograma parcial para o mercado de trabalho informal	48
12	Raízes inversas dos polinômios característicos dos filtros AR, MA e ARMA	51
13	Modelos estimados para o mercado de trabalho formal	53
14	Modelos estimados para o mercado de trabalho informal	54
15	Análise gráfica dos resíduos segundo o mercado de trabalho formal	56
16	Análise gráfica dos resíduos segundo o mercado de trabalho informal	57
17	Previsão (I) para os mercados de trabalho formal e informal	61
18	Previsões para os mercados de trabalho formal e informal	63
19	Variação interanual estimada para os mercados de trabalho formal e informal	65
20	Proporção estimada dos mercados de trabalho formal e informal sobre a população ocupada	65

Lista de Tabelas

1	Análise descritiva para os mercados de trabalho formal e informal	40
2	Resultado dos testes de raiz unitária para o mercado de trabalho formal	44
3	Resultado dos testes de raiz unitária para o mercado de trabalho informal	46
4	Significância estatística dos coeficientes estimados nos modelos propostos para os mercados de trabalho formal e informal	52
5	Análise inferencial dos resíduos para os modelos estimados	58
6	Critérios de informação: primeira triagem dos modelos estimados	59
7	Qualidade do ajuste: segunda triagem dos modelos estimados	60
8	Número de trabalhadores (reais e previstos) e erros de previsão	62
9	Qualidade da previsão: última triagem dos modelos estimados pra os mercados de trabalho formal e informal	62
10	Previsões para os mercados de trabalho formal e informal	64
11	Proporção estimada dos mercados de trabalho formal e informal sobre a população ocupada	65

1 Introdução

A partir de dezembro de 2015 o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) passou a incluir na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio Contínua (PNADC), além das categorias “com” e “sem” carteira de trabalho, as categorias “com” e “sem” o cadastro nacional de pessoa jurídica (CNPJ), de modo que a informalidade pode ser definida de forma mais abrangente.

Em entrevista ao G1, intitulada “*Trabalho informal avança para 41,3% da população ocupada e atinge nível recorde, diz IBGE*”, o coordenador de Trabalho e Rendimento do IBGE, Cimar Azeredo, destacou o aumento expressivo na informalidade e apontou os seguintes recordes: aumento de 5,6% no número de trabalhadores sem carteira do setor privado e de 5,2% nos trabalhadores por conta própria em comparação ao mesmo período do ano passado (10/2018). Segundo o coordenador:

Apesar da queda da desocupação, da redução da taxa de desocupação e do aumento expressivo de pessoas ocupadas, o mercado insiste em gerar postos de trabalho voltados para a informalidade (Cimar Azeredo em entrevista ao G1 em 10/2019).

Essas afirmações mostram que mesmo após dois anos da implementação da Reforma Trabalhista (Lei 13.647/2017), a qual flexibilizou os contratos de trabalho, ampliou as formas de terceirização e permitiu a contratação do trabalhador autônomo, além de ter alterado diversos outros dispositivos da Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT)¹, nota-se ainda um elevado grau de informalidade na economia brasileira.

1.1 Revisão bibliográfica

Nesta seção apresentamos inicialmente alguns estudos realizados no âmbito da metodologia de Box-Jenkins (1970) para o mercado de trabalho. Em seguida mostramos as leis que foram criadas com objetivo de impulsionar a abertura de vagas no mercado de trabalho formal.

Uma análise da previsão para o emprego formal na cidade do Rio de Janeiro considerando-se o período de fevereiro até dezembro de 2010 foi realizada por Medeiros Júnior

¹ Lei 5.452/43

(2010). A base de dados desta pesquisa, composta pelo saldo mensal líquido (diferença entre o número de empregados e desempregados) no período compreendido entre janeiro de 2000 até janeiro de 2010, foi obtida através do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados do Ministério do Trabalho e Emprego (CAGED/MTE). Inicialmente o autor estimou dois modelos: um modelo sazonal auto-regressivo e integrado de médias móveis e um modelo auto-regressivo vetorial. A partir do erro quadrático médio e do coeficiente de Theil selecionou o primeiro modelo como sendo o melhor predictor para a determinação do saldo do emprego formal e concluiu sobre o crescimento desta variável ao longo do ano de 2010.

Fredo e Margarido (2015) modelaram a série temporal do emprego rural no estado de São Paulo no período de janeiro de 1996 até dezembro de 2006 a partir da implementação da metodologia de Box-Jenkins. Para isso utilizaram o número de trabalhadores rurais admitidos no setor agropecuário a partir da base de dados proveniente do CAGED/MTE. Na série temporal do emprego rural foram detectadas características como não estacionariedade e forte sazonalidade (com aumento do emprego formal no período de entressafra e redução no período de colheita). Estes autores concluíram que, o modelo sazonal auto-regressivo e integrado de médias móveis, considerado adequado sob a ótica dos resíduos, descreveu bem o dinamismo do emprego rural dos trabalhadores.

Furtado (2016) fez um estudo das séries temporais dos empregos formais em quatro setores da atividade econômica (construção civil, comércio, indústria de transformação e serviços) considerando cada um dos três estados da região Sul do Brasil. A base de dados, obtida através do CAGED/MTE, compreendeu o número de admissões considerando-se o período de maio de 2003 até dezembro de 2014. Os modelos de previsão foram ajustados com base na metodologia de Box-Jenkins e a seleção foi realizada com base no erro absoluto percentual médio.

Os trabalhos citados antecedem a Reforma Trabalhista e as Medidas Provisórias 905/2019 e 936/2020, políticas trabalhistas adotadas pelo Governo Federal entre novembro de 2017 e novembro de 2019 com o objetivo de flexibilizar as relações de trabalho e, supostamente, garantir a manutenção dos empregos formais. Essas medidas impactam direta ou indiretamente as variáveis analisadas neste trabalho: o número de trabalhadores no mercado de trabalho formal e no mercado de trabalho informal.

Apesar da Reforma Trabalhista, que entrou em vigor em novembro de 2017, não ter alterado pontos como jornada de trabalho, férias, remuneração e plano de carreira, alterou mais de cem dispositivos da CLT. Trataremos aqui, particularmente, das novas formas de contrato de trabalho, da terceirização e do trabalho autônomo.

Além do contrato de trabalho convencional, a Reforma Trabalhista passou a considerar também três tipos de contrato: o temporário, o parcial e o intermitente. Os dois primeiros já existiam antes, porém sofreram modificações e o último surgiu como promessa para a redução do desemprego e da informalidade. Os três regimes são descritos a seguir:

- (a) Contrato de trabalho temporário² - o trabalhador deve ser contratado por uma empresa de trabalho temporário que o coloca à disposição de uma empresa tomadora de serviços. O prazo máximo de duração do contrato é de 180 dias podendo ser prorrogado por 90 dias apenas uma vez. A jornada deve ser de, no máximo 8 horas, podendo ser prorrogada com acréscimo de 50% na remuneração;
- (b) Contrato de trabalho parcial³ – engloba todo trabalhador cuja atividade tenha duração inferior à do trabalho com jornada integral (44 horas semanais). Essa modalidade já existia e, sob a CLT, esse tipo de contrato deveria ter no máximo 25 horas semanais. A Reforma Trabalhista passou a admitir dois tipos de contratação: um com 30 horas semanais sem a possibilidade de acréscimo e outro com 25 horas semanais com acréscimo possível de até 6 horas;
- (c) Contrato de trabalho intermitente - neste contrato de trabalho a prestação de serviços não é contínua, ocorrendo com alternância de períodos de prestação de serviços e de inatividade. A remuneração é proporcional ao período efetivamente trabalhado e a convocação (com a informação da jornada a ser cumprida) deve ser feita com, no mínimo, três dias de antecedência onde o trabalhador tem, no máximo, um dia para responder.

A terceirização⁴ (pessoa jurídica destinada a prestar à contratante serviços específicos) estava restrita a atividades que dessem suporte à atividade principal da empresa, como por exemplo, serviços de limpeza, vigilância, portaria, etc. A Reforma Trabalhista permitiu que todas as atividades, inclusive a atividade principal, fossem terceirizadas, com a ressalva que os trabalhadores contratados não tivessem vínculo com a empresa contratante nos últimos dezoito meses, seja como empregado ou como autônomo.

A fim de penalizar a “pejotização” – contrato da pessoa física como pessoa jurídica com o intuito de não arcar com as leis trabalhistas – o artigo 3º da CLT caracteriza como empregado

² Lei 9.601/98

³ MP 1.709/98 e MP 2.164/01.

⁴ Lei 6.019/74

toda pessoa física que presta serviço de modo não eventual, dependente e mediante salário. No entendimento da Reforma Trabalhista não há dependência do trabalhador autônomo visto que o mesmo presta serviços a várias empresas; logo, sua contratação passou a ser permitida sem que fosse caracterizada como pejotização do trabalho.

Embora alguns críticos como Krein *et al.* (2019) caracterizem a terceirização, as novas formas de contrato como incentivo a subocupação e o trabalho autônomo como estímulo a pejotização, como precarização do mercado de trabalho parece ser razoável supor que essas modificações tenham implicações diretas sobre o mercado de trabalho.

Em novembro de 2019 Medida Provisória 905/2019 instituiu o Programa Verde e Amarelo, a qual incentiva a contratação de pessoas entre 18 e 29 anos, com salário mensal de até um salário mínimo e meio, no período entre janeiro e dezembro de 2022. Os contratantes serão beneficiados com a isenção da contribuição previdenciária patronal, redução da alíquota de contribuição do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), redução da multa do FGTS em caso demissão sem justa causa, etc. Já em 1º de abril de 2020, a MP 936/2020 instituiu o Programa Emergencial de Manutenção do Emprego e da Renda a fim de evitar a demissão em massa durante a pandemia causada pelo COVID-19. As medidas são: redução de jornada e de salário – onde a complementação seria paga pela União com base no seguro-desemprego – e suspensão temporária dos contratos de trabalho. Ambas as medidas contemplam o mercado de trabalho formal.

1.2 Motivação

Apesar da criação de novo postos de trabalho no mercado de trabalho formal, há indícios (como mostrado pela reportagem do G1) de que a Reforma Trabalhista não esteja sendo capaz de transferir os trabalhadores do mercado informal para o mercado formal de modo a promover uma significativa mudança na estrutura do mercado de trabalho brasileiro. A verificação dessa hipótese é a motivação para a realização deste trabalho.

1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho é fazer a previsão para o número de trabalhadores nos mercados de trabalho formal e informal através da metodologia de Box-Jenkins. Com isso poderemos verificar se, de fato, haverá uma mudança na estrutura ocupacional do mercado de trabalho brasileiro ocasionada pela transferência dos trabalhadores informais para o mercado de trabalho formal, como preconizado pelos congressistas favoráveis à Reforma Trabalhista, ao flexibilizarem as relações contratuais de trabalho.

1.4 Organização

No capítulo Materiais e Métodos são apresentadas as séries temporais avaliadas neste trabalho e o procedimento para obtê-las; abordam-se os conceitos, definições e os modelos utilizados na metodologia de Box-Jenkins, bem como é realizada uma descrição analítica sobre suas etapas; é mostrada também a estrutura organizacional do trabalho levando-se em conta a periodicidade da amostra e o período de análise. Já no capítulo Análise dos Resultados, inicialmente é feita uma análise descritiva das séries que compõem os mercados de trabalho formal e informal e em seguida é mostrado o desenvolvimento analítico da aplicação da metodologia Box-Jenkins onde os resultados são apresentados e comentados. Por fim, na Conclusão é apresentado um resumo sobre os resultados obtidos avaliando-se as previsões para os mercados de trabalho formal e informal e discutindo-se os efeitos referentes à Reforma Trabalhista.

2 Materiais e Métodos

Este capítulo é composto pela seção Materiais, onde são tratados os dados e o período de análise; Definições e conceitos, em que são abordadas as principais definições e conceitos referentes às séries temporais como processos estocásticos, ruído branco, estacionariedade (forte e fraca), passeio aleatório, modelos SARIMA, função de autocorrelação, etc.; Metodologia de Box-Jenkins, onde são descritas as etapas, os testes e critérios de seleção dos modelos adotados; Estrutura Organizacional, onde são descritas as etapas a serem desenvolvidas nesse trabalho.

2.1 Materiais

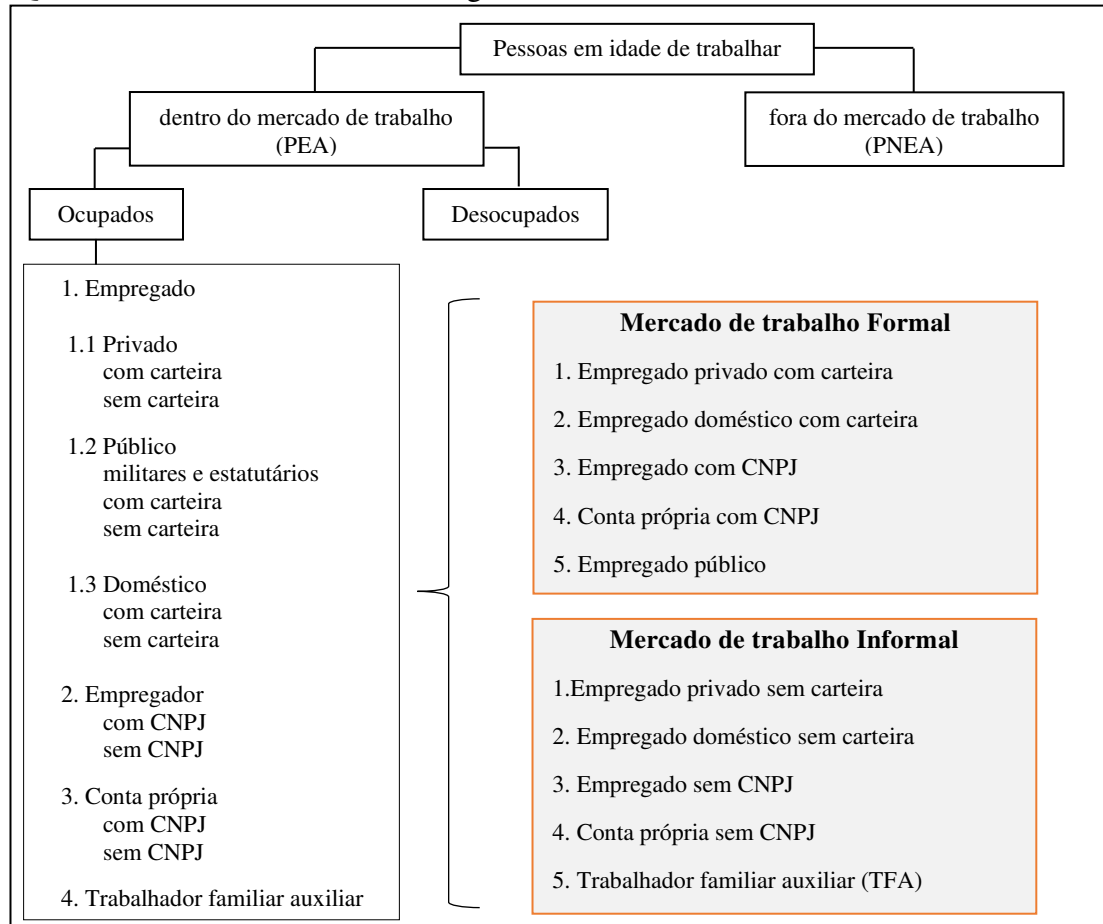
Nesta seção tratamos dos dados (fonte, conceitos e periodicidade), do período de análise e do programa computacional utilizado.

2.1.1 Dados: fonte e características

Para a realização desse trabalho são utilizados os dados da população ocupada obtidos através da PNADC por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadcm>. A população ocupada está dividida segundo a posição do trabalhador: empregado, empregador, conta própria e trabalhador familiar auxiliar e subdividida nas categorias “com e sem carteira” e “com e sem CNPJ” (definidas no Quadro 1A, no Anexo 1). O Quadro 1 contém essas divisões, bem como as variáveis que são utilizadas neste trabalho, a saber:

- Mercado de trabalho formal – soma das categorias “com carteira”, “com CNPJ” e empregado público (militares e estatutários);
- Mercado de trabalho informal – soma das categorias das categorias “sem carteira”, “sem CNPJ” e trabalhador familiar auxiliar.

Quadro 1 – Mercado de trabalho segundo a PNADC



Fonte: PNADC, IBGE (2019).

2.1.2 Periodicidade dos dados, período de análise e recurso utilizado

O número mensal de trabalhadores formais e informais é calculado com base nos trimestres móveis encerrados no mês em questão e com a mesma metodologia de cálculo que a utilizada para os indicadores trimestrais. Os períodos para a coleta das amostras, para análises e o horizonte de previsão (h) são descritos no Quadro 2. As análises foram realizadas por meio do programa R Core Team (2019) através dos pacotes *forecast* por Hyndman *et al.* (2019) e *ggplot2* por Wickham *et al.* (2019), além das funções usuais para as estatísticas descritivas.

Quadro 2 – Periodicidade e períodos para as análises

Séries x periodicidade	
• Mercado de trabalho formal: número de trabalhadores formais (n = 49 observações mensais)	
• Mercado de trabalho informal: número de trabalhadores informais (n = 49 observações mensais)	
Períodos	
Coleta da amostra: (dezembro/2015 até dezembro/2019)	
Análises: (dezembro/2015 até abril/2020)	
Previsão I: (janeiro/2020 até abril/2020)	(h = 4)
Previsão II: (maio/2020 até dezembro/2020)	(h = 8)

2.2 Definições e conceitos

A seguir são apresentados as principais definições e conceitos utilizados em séries temporais e o tratamento que deve ser dado a essas séries antes da aplicação da metodologia de Box e Jenkins. Essas definições são provenientes de Morettin e Tolo (2006), Cowpertwait e Metcalfe (2009) e Losso (2012).

2.2.1 Principais definições em séries temporais

Definição 2.1: *Seja T um conjunto arbitrário. Um processo estocástico é uma família $Y = \{Y(t), t \in T\}$, tal que, para cada $t \in T$, $Y(t)$ é uma variável aleatória.*

Dessa forma, um processo estocástico é uma família de variáveis aleatórias definidas em um mesmo espaço de probabilidades (Ω, \mathcal{F}, P) . A variável $Y(t, \omega)$ é uma variável aleatória com $t \in T$ e $\omega \in \Omega$. Em particular, para cada $t \in T$ tem-se uma variável $Y(t, \omega)$ com uma distribuição de probabilidade. Para cada $\omega \in \Omega$, obtém-se uma realização do processo ou uma realização de uma série temporal.

Definição 2.2: *Série temporal ou trajetória do processo é um conjunto de observações y_t , $t \in T$, amostradas em um tempo t . Mais ainda, é a realização particular de um processo estocástico.*

Definição 2.3: *Uma sequência $\{\varepsilon_t, t \in \mathbb{Z}\}$ é um ruído branco se as variáveis são independentes e identicamente distribuídas com média zero. Isso implica que, todas as variáveis têm a mesma variância σ_ε^2 e $Cor(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0, \forall i \neq j$.*

2.2.2 Processos estocásticos comuns

A seguir são mostradas as definições de alguns processos estocásticos comumente utilizados em séries temporais, úteis para o entendimento da metodologia de Box-Jenkins e, sobretudo, para os testes de raiz unitária que veremos adiante.

Segundo Morettin e Tolo (2006), um processo estocástico $Y = \{Y(t), t \in T\}$ é estacionário se suas propriedades são preservadas ao longo do tempo, ou seja, se as características de $Y(t + \tau)$ para todo τ são as mesmas de $Y(t)$. Existem duas formas de estacionariedade: estrita (ou forte) e fraca (ampla ou de segunda ordem).

Definição 2.4: Um processo estocástico $Y = \{Y(t), t \in T\}$ diz-se estritamente estacionário se todas as distribuições finito-dimensionais dadas por:

$$F(y_1, \dots, y_n; t_1, \dots, t_n) = P\{Y(t_1) \leq y_1, \dots, Y(t_n) \leq y_n\}$$

permanecem as mesmas sob translações no tempo, ou seja:

$$F(y_1, \dots, y_n; t_1 + \tau, \dots, t_n + \tau) = F(y_1, \dots, y_n; t_1, \dots, t_n)$$

para quaisquer t_1, \dots, t_n, τ de T e $n \in \mathbb{Z}$.

Isso significa, segundo Losso (2012), que o gráficos da função de distribuição da série em quaisquer dois intervalos de tempo de igual tamanho terão as mesmas propriedades estatísticas, ou seja, os momentos (por exemplo, a média $\mu(t) = \mu$ e a variância $\text{Var}(t) = \sigma$) quando existirem não dependerão de $t \in T$. A estacionariedade estrita também é denominada estacionariedade forte.

Definição 2.5: Um processo estocástico $Y = \{Y(t), t \in T\}$ diz-se fracamente estacionário ou estacionário de segunda ordem se, e somente :

(i) $E\{Y(t)\} = \mu(t) = \mu$, contante para todo $t \in T$.

(ii) $E\{Y^2(t)\} \leq \infty$, para todo $t \in T$.

(iii) $\gamma(t_1, t_2) = \text{Cov}\{Y(t_1), Y(t_2)\}$ é uma função de $|t_1 - t_2|$

Segundo Losso (2012) estacionariedade forte não implica estacionariedade fraca, pois nada garante que existam momentos finitos e, caso existam que sejam iguais ou dependentes do tempo. Por outro lado, a estacionariedade fraca não implica estacionariedade forte, visto que, nada garante que não haja alteração da distribuição por translação temporal.

Nesse trabalho estamos considerando os processos com estacionariedade fraca. Daqui em diante utilizaremos o termo estacionário para nos referirmos as séries fracamente estacionárias.

Definição 2.6: Um processo $\{y_t\}$ é denominado passeio aleatório se:

$$y_t = \phi y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

com $\phi = 1$ e $\{\varepsilon_t\}$ um ruído branco.

Um passeio aleatório com deslocamento (drift) é dado por:

$$y_t = \alpha + \phi y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

sendo α uma constante e com $\phi = 1$ e $\{\varepsilon_t\}$ um ruído branco.

2.2.3 Operadores de defasagem e de diferença

As definições para os operadores de defasagem (B) e de diferença (Δ) bem como a relação entre eles são apresentadas no Quadro 3. Considere $(m, d, D, s) \in \mathbb{N}^*$.

Quadro 3 – Operadores de defasagem e de diferença

Operador de defasagem (B)	Operador de diferença (Δ)
$By_t = y_{t-1} \quad (3)$ $\Leftrightarrow B^m y_t = y_{t-m}$	$\Delta y_t = y_t - y_{t-1} \quad (4)$ $\Leftrightarrow \Delta^d y_t = \Delta^{d-1}(\Delta y_t) = \Delta^{d-1}(y_t - y_{t-1})$
Relação entre o operador de defasagem e de diferença	
	$\Delta = 1 - B \quad (5)$
	$\Leftrightarrow \Delta y_t = (1 - B)y_t \quad (6)$
	$\Leftrightarrow \Delta^d y_t = (1 - B)^d y_t \quad (7)$
	$\Leftrightarrow \Delta_s^D y_t = (1 - B^s)^D y_t \quad (8)$

Fonte: Adaptação de Morettin e Tolo (2006).

2.2.4 Modelo SARIMA (p,d,q) x (P,D,Q)

O modelo SARIMA (p,d,q) x (P,D,Q) é o resultado da combinação da componente autorregressiva (AR), do filtro de integração (I) e o da componente de médias móveis (MA). Esses modelos podem ser não sazonais, puramente sazonais ou ainda uma fusão entre eles, denominado modelo multiplicativo geral – ver Quadro 4. Enquanto nos modelos não sazonais as correlações ocorrem sequencialmente ($t - 1, t - 2, \dots$), nos modelos sazonais elas ocorrem em instantes de tempo múltiplos de s ($t - s, t - 2s, \dots$), onde s é denominado fator sazonal (por exemplo, $s = 12$ para dados mensais e $s = 4$ para dados trimestrais).

Quadro 4 – Modelos SARIMA(p,d,q) x (P,D,Q)

Modelos	
Não sazonais	Sazonais
AR(p)	AR(P)_s
$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t$ $\Leftrightarrow \phi(B)y_t = \varepsilon_t$	$y_t = \Phi_1 y_{t-s} + \Phi_2 y_{t-2s} + \dots + \Phi_p y_{t-ps} + \varepsilon_t$ $\Leftrightarrow \Phi(B^s)y_t = \varepsilon_t$
MA(q)	MA(Q)_s
$y_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$ $\Leftrightarrow y_t = \theta(B)\varepsilon_t$	$y_t = \varepsilon_t - \Theta_1 \varepsilon_{t-s} - \Theta_2 \varepsilon_{t-2s} - \dots - \Theta_Q \varepsilon_{t-Qs}$ $\Leftrightarrow y_t = \Theta(B^s)\varepsilon_t$
ARMA(p,q)	ARMA(P,Q)_s
$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$ $\Leftrightarrow \phi(B)y_t = \theta(B)\varepsilon_t$	$y_t = \Phi_1 y_{t-s} + \dots + \Phi_p y_{t-ps} + \varepsilon_t - \Theta_1 \varepsilon_{t-s} - \dots - \Theta_Q \varepsilon_{t-Qs}$ $\Leftrightarrow \Phi(B^s)y_t = \Theta(B^s)\varepsilon_t$
ARIMA(p,d,q)	SARIMA(P,D,Q)_s
$w_t = \phi_1 w_{t-1} + \dots + \phi_p w_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$ $\Leftrightarrow \phi(B)w_t = \theta(B)\varepsilon_t$ $w_t = \Delta^d y_t = (1-B)^d y_t$	$w_t = \Phi_1 w_{t-s} + \dots + \Phi_p w_{t-ps} + \varepsilon_t - \Theta_1 \varepsilon_{t-s} - \dots - \Theta_Q \varepsilon_{t-Qs}$ $\Leftrightarrow \Phi(B^s)w_t = \Theta(B^s)\varepsilon_t$ $w_t = \Delta^D y_t = (1-B^s)^D y_t$
Modelo multiplicativo geral	
$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(1 - \Phi_1 B^s - \dots - \Phi_p B^{ps}) w_t = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)(1 - \Theta_1 B^s - \dots - \Theta_Q B^{Qs}) \varepsilon_t$ $\Leftrightarrow \phi(B)\Phi(B^s)w_t = \theta(B)\Theta(B^s)\varepsilon_t$ $w_t = \Delta^d \Delta^D y_t = (1-B)^d (1-B^s)^D y_t$	

Fonte: Adaptação de Vasconcellos *et al.* (2000).

Os modelos SARIMA(p,d,q) x (P,D,Q) acima foram descritos também em termos dos operadores de defasagem e de integração (Equações (1), (2) e (3) no Quadro 3). Os respectivos polinômios são dados por:

- $\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p$
- $\Phi(B^s) = 1 - \Phi_1 B^s - \dots - \Phi_p B^{ps}$
- $\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q$
- $\Theta(B^s) = 1 - \Theta_1 B^s - \dots - \Theta_Q B^{Qs}$
- d ordem da diferença não sazonal (ver Equação (7) no Quadro 3);
- D ordem da diferença sazonal (ver Equação (8) no Quadro 3);

Os processos AR(p) e AR(P)_s devem obedecer às condições de estacionariedade, ou seja, as p e P raízes das respectivas equações características $\phi(B) = 0$ e $\Phi(B^s) = 0$, devem estar fora do círculo unitário; de modo equivalente, as raízes inversas devem estar dentro ao círculo unitário. Os processos MA(q) e MA(Q)_s devem obedecer às condições de invertibilidade, ou seja, as q e Q raízes das respectivas equações características $\theta(B) = 0$ e $\Theta(B^s) = 0$, devem estar fora do círculo unitário; de modo equivalente, as raízes inversas devem estar dentro ao círculo unitário. Os processos ARMA(p,q) e ARMA(P,Q)_s devem obedecer às condições de

estacionariedade e invertibilidade dos processos AR e MA, descritas anteriormente. Os índices d e D são vistos com mais detalhes na seção a seguir.

2.2.5 Tendência estacionária e diferença estacionária

O ruído branco e os processos AR(p), MA(q) e ARMA (p,q) são processos estacionários. O modelo ARIMA(p,d,q) não é estacionário, pois possui d raízes sobre o círculo unitário. Já o passeio aleatório, sem ou com *drift*, é um processo não estacionário.

As séries estacionárias e não estacionárias podem apresentar uma componente determinística (δt) e/ou uma componentes estocástica (ε_t). Em particular, as séries não estacionárias podem ser classificadas como tendência estacionária ou diferença estacionária: no primeiro caso as séries flutuam em torno de uma tendência (determinística) e no segundo caso as séries apresentam médias flutuantes. Todos esses casos são mostrados no Quadro 5.

Quadro 5 – Séries: estacionárias e não estacionárias

Série	Estacionária	Estocástica	$\left\{ \begin{array}{l} Y_t = c + \varepsilon_t \\ \text{SARMA } (p, q) \times (P, Q) \end{array} \right.$
		Determinística	$Y = c$
	Não estacionária	Estocástica	$\left\{ \begin{array}{l} \text{TE: } Y = c + \delta t + \varepsilon_t \\ \text{DE: } \left\{ \begin{array}{l} Y_t = \phi Y_{t-1} + \varepsilon_t \\ Y_t = c + \phi Y_{t-1} + \varepsilon_t \end{array} \right\} \phi = 1 \\ \text{SARIMA } (p, d, q) \times (P, D, Q) \end{array} \right.$
		Determinística	$Y = c + \delta t$

TE: tendência estacionária; DE: diferença estacionária

Fonte: Adaptação de Bueno (2012).

O processo de “estacionarização” depende do tipo de tendência apresentada pela série (ver Quadro 6). Se o processo for tendência estacionária, então deve-se regressir y_t em função do tempo e os resíduos obtidos correspondem à série a ser modelada (Equação (9)). Porém, se o processo for diferença estacionária, deve ser aplicada a diferenciação simples (Equação (10)), ou a diferenciação sazonal (Equação (11)), ou ambas (Equação (12)).

Quadro 6 – Séries não estacionárias: processo de estacionarização

(i) Tendência estacionária	(ii) Diferença estacionária
$\hat{y}_t = \hat{\delta}_0 + \hat{\delta}_1 t + \hat{\delta}_2 t^2 + \dots + \hat{\delta}_n t^n$	$\left\{ \begin{array}{l} \Delta^d y_t = (1 - B)^d y_t \quad (10) \\ \Delta^D y_t = (1 - B^s)^D y_t \quad (11) \\ \Delta^d \Delta^D y_t = (1 - B)^d (1 - B^s)^D y_t \quad (12) \end{array} \right.$
$e_t = y_t - \hat{y}_t$ (9)	
n: tamanho da amostra	

Fonte: Adaptação de Ferreira *et al.* (2018).

Se forem necessárias d diferenciações ($d = 1, 2, 3, \dots$) para tornar a série estacionária, então diz-se que esta série é integrável de ordem d , com a seguinte representação: $y_t \sim I(d)$. Para saber se a série é tendência estacionária ou diferença estacionária aplicam-se os testes de raiz unitária como veremos na subseção 2.3.1.1.

2.2.6 Função de autocorrelação e Função de autocorrelação parcial

Para $k > 0$ fixo, o coeficiente de autocorrelação da série y_t , denotado por ρ_k , é a razão entre a função de autocovariância (γ_k) e a variância (γ_0). A aplicação das propriedades da variância e da covariância sobre os processos AR(p), MA(q) e ARMA (p,q) resultarão em diversas expressões para ρ_k . Como podemos observar no Quadro 7, as variâncias, autocovariâncias e as autocorrelações não dependem de t ; dependem apenas da distância k que separa as observações.

Quadro 7 – Coeficientes de variância, autocovariância e autocorrelações

Processos	Variância	Função de autocovariância
	$\gamma_0 = E[y_t^2]$	$\gamma_k = E[y_t y_{t-k}]$
AR(1)	$\gamma_0 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \phi_1^2}$	$\gamma_k = \phi_1^k \gamma_0$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)
AR(p)	$\gamma_0 = \phi_1 \gamma_1 + \phi_2 \gamma_2 + \dots + \phi_p \gamma_p + \sigma_\varepsilon^2$	$\gamma_k = \phi_1 \gamma_{k-1} + \phi_2 \gamma_{k-2} + \dots + \phi_p \gamma_{k-p}$
MA(1)	$\gamma_0 = (1 + \theta_1^2) \sigma_\varepsilon^2$	$\begin{cases} \gamma_1 = -\theta_1 \sigma_\varepsilon^2 \\ \gamma_k = 0 \quad ; \quad \forall k \geq 2 \end{cases}$
MA(q)	$\gamma_0 = (1 + \theta_1^2 + \theta_2^2 + \dots + \theta_q^2) \sigma_\varepsilon^2$	$\gamma_k = \begin{cases} (-\theta_k + \theta_1 \theta_{k+1} + \dots + \theta_{q-k} \theta_q) \sigma_\varepsilon^2 & ; k \leq q \\ 0 & ; k > q \end{cases}$
ARMA(1,1)	$\gamma_0 = \frac{(1 + \theta_1^2 - 2\phi_1 \theta_1) \sigma_\varepsilon^2}{1 - \phi_1^2}$	$\gamma_k = \begin{cases} \frac{(1 + \phi_1 \theta_1)(\phi_1 - \theta_1)}{1 - \phi_1^2} \sigma_\varepsilon^2 & ; k = 1 \\ \phi_1 \gamma_{k-1} & ; k > 1 \end{cases}$
Coeficientes de autocorrelação		
AR(p)	$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \dots + \phi_p \rho_{k-p} \quad ; k > 0$	
MA(q)	$\rho_k = \begin{cases} \frac{(-\theta_k + \theta_1 \theta_{k+1} + \dots + \theta_{q-k} \theta_q)}{(1 + \theta_1^2 + \theta_2^2 + \dots + \theta_q^2)} \sigma_\varepsilon^2 & ; k \leq q \\ 0 & ; k > q \end{cases}$	
ARMA(p,q)	$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \dots + \phi_p \rho_{k-p} \quad ; k > q$	
$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \Rightarrow \hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sum_{t=k+1}^n (y_t - \bar{y})^2} \sim N\left(0; \frac{1}{n}\right)$		

Fonte: Adaptação de Vasconcellos *et al.* (2000).

O coeficiente de correlação parcial (ϕ_{kk}) mede a correlação entre y_t e y_{t-k} descontadas as influências de $y_{t-1}, \dots, y_{t-k+1}$ sobre y_t . Seu valor estimado corresponde ao coeficiente $\hat{\beta}_{kk}$ obtido pelo método dos mínimos quadrados ordinários das auto-regressões mostradas abaixo:

$$\begin{aligned}
 \hat{y}_t &= \hat{\beta}_{11}y_{t-1} + \varepsilon_t & \Rightarrow \hat{\phi}_{11} &= \hat{\beta}_{11} \\
 \hat{y}_t &= \hat{\beta}_{11}y_{t-1} + \hat{\beta}_{22}y_{t-2} + \varepsilon_t & \Rightarrow \hat{\phi}_{22} &= \hat{\beta}_{22} \\
 \hat{y}_t &= \hat{\beta}_{11}y_{t-1} + \hat{\beta}_{22}y_{t-2} + \hat{\beta}_{33}y_{t-3} + \varepsilon_t & \Rightarrow \hat{\phi}_{33} &= \hat{\beta}_{33} \\
 &\vdots & & \\
 \hat{y}_t &= \hat{\beta}_{k1}y_{t-1} + \hat{\beta}_{k2}y_{t-2} + \dots + \hat{\beta}_{kk}y_{t-k} + \varepsilon_t & \Rightarrow \hat{\phi}_{kk} &= \hat{\beta}_{kk}
 \end{aligned} \tag{13}$$

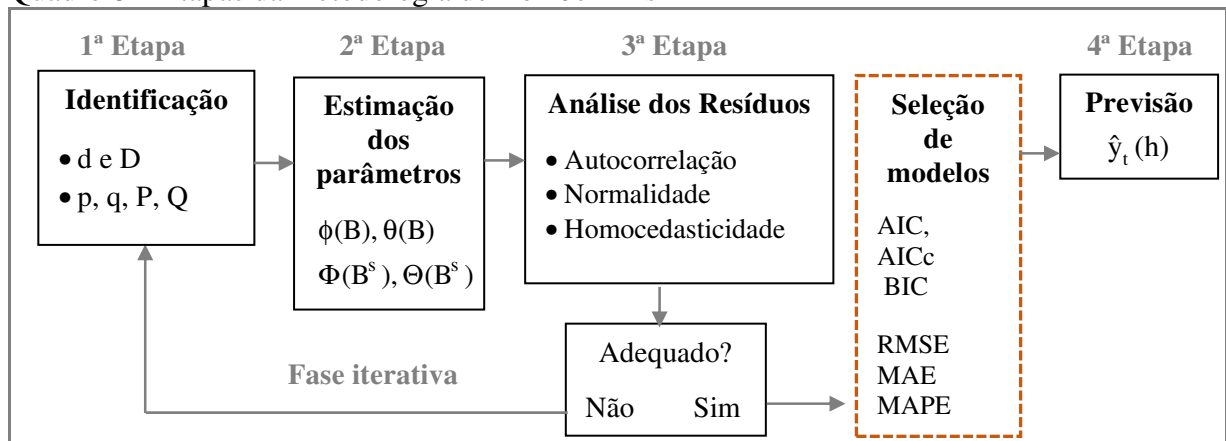
A função de autocorrelação (FAC) e a função de autocorrelação parcial (FACP) correspondem aos pares ordenados $(j, \hat{\rho}_j)$ e $(j, \hat{\phi}_{jj})$ cujos gráficos, denominados correlograma e correlograma parcial, respectivamente, fornecem evidências sobre a:

- a não estacionariedade da parte não sazonal e sazonal da série – FAC;
- as ordens de defasagens p, q, P e Q dos filtros AR, MA e/ou ARMA – FAC e FACP.

2.3 Metodologia de Box-Jenkins

A metodologia de Box-Jenkins é composta por quatro etapas: identificação, estimação, análise dos resíduos e previsão (ver Quadro 8). As três primeiras etapas correspondem a um processo iterativo, o qual só deve ser interrompido se os modelos escolhidos forem adequados. Como a identificação não é exata, propõe-se mais de um modelo. A seleção é realizada via critérios de informação e avaliação do desempenho preditivo. A previsão corresponde ao objetivo principal desta metodologia. Essas etapas são descritas nas subseções seguintes.

Quadro 8 – Etapas da metodologia de Box-Jenkins



2.3.1 Identificação

A identificação das ordens de integração, bem como a identificação das ordens de defasagens da série estacionarizada nas partes não sazonal e sazonal, são descritas nas subseções a seguir.

2.3.1.1 Ordens de integração

Para identificação das ordens de integração não sazonal e sazonal (d e D) é realizada a análise visual do correlograma seguida da análise inferencial com aplicação de testes de raiz unitária. Realiza-se esse procedimento para a série com uma (ou mais) diferenciação simples e uma diferenciação sazonal (além da simples), caso o correlograma ou os testes de raiz unitária indiquem que essas diferenciações são necessárias.

Os testes de estacionariedade baseados no correlograma indicam que a série é não estacionária se boa parte dos coeficientes de autocorrelação forem significativos, ou seja, estiverem fora dos limites de confiança de 95% e/ou apresentarem decaimento lento (no caso do processo AR).

Para a análise inferencial utilizamos os seguintes testes: Dickey e Fuller aumentado (ADF), Phillips e Perron (PP), KPSS e o Teste Dickey-Fuller GLS (DF-GLS) e o teste de Zivot e Andrews (ZA).

Os testes ADF, PP, DF-GLS têm como hipótese nula H_0 : A série possui raiz unitária, enquanto a hipótese nula do teste KPSS é H_0 : A série não possui raiz unitária. A inexistência de raiz unitária é condição necessária e suficiente para a estacionariedade da série. No teste ZA tem-se H_0 : A série é não estacionária e não possui mudança estrutural.

(1) Teste de Dickey e Fuller aumentado (ADF): O teste tem três versões: com constante e tendência (utilizada neste trabalho), apenas com constante, sem constante e sem tendência (Equações (14), (15) e (16) do Quadro 9, respectivamente). O teste ADF difere do teste de *Dickey-Fuller* (DF), pois inclui p defasagens no termo autoregressivo. Desse modo, o teste de DF é “aumentado”, de modo que, sob H_1 , avalia-se se a série temporal foi gerada por um processo $AR(p)$.

(2) Teste de Phillips-Perron (PP): esse teste emprega a mesma estrutura (Equações (17), (18) e (19) no Quadro 9) e hipóteses do teste ADF; logo, sua interpretação é análoga. A diferença é que esse teste faz uma correção paramétrica no teste ADF tornando desnecessária a inclusão de defasagens a fim de eliminar o problema da correlação serial.

(3) Teste Dickey-Fuller Generalized Least Square (DF-GLS): este teste visa corrigir o problema de baixo poder do teste de DF devido à presença de termos determinísticos. Para isso, considera a série y_t^d , que corresponde à diferença entre a série original e a série cujos parâmetros são estimados pelo método dos mínimos quadrados generalizados. Esta série e a equação de teste são mostradas no Quadro 9 (Equações (20) e (21), respectivamente).

(4) Teste KPSS: este teste foi formulado com o objetivo de reduzir o baixo poder do teste ADF quando as raízes das equações características encontram-se próximas ao círculo unitário. (Equação (14) descrita no Quadro 9).

(5) Teste de Zivot-Andrews (ZA): os testes de raiz unitária usuais também apresentam baixo poder na presença de quebras estruturais. O teste proposto por Zivot-Andrews é um teste de raiz unitária para séries com quebra estrutural. Sob H_0 , testa-se se a série possui raiz unitária sem mudança estrutural e sob H_1 , avalia-se se a mudança estrutural pode ocorrer devido a uma mudança no nível, na inclinação ou em ambos. Com isso, as equações de regressão para o teste de Zivot-Andrews correspondem às equações do teste ADF com a adição de variáveis *dummies* adequadas para cada um destes casos (Equações (23), (24) e (25) no Quadro 9).

Quadro 9 – Teste de estacionariedade

Teste de Dickey-Fuller Aumentado	
$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t$	$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : \gamma = 0 ; \tau \\ H_0 : (\alpha, \beta, \gamma) = (0, 0, 0) ; \Phi_2 \\ H_0 : (\alpha, \beta, \gamma) = (\alpha, 0, 0) ; \Phi_3 \end{array} \right\} \quad (14)$
$\Delta y_t = \alpha + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t$	$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : \gamma = 0 ; \tau \\ H_0 : (\alpha, \gamma) = (0, 0) ; \Phi_1 \end{array} \right\} \quad (15)$
$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t$	$\{H_0 : \gamma = 0 ; \tau\} \quad (16)$
Teste de Phillips-Perron	
$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$	$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : \gamma = 0 ; \tau \\ H_0 : (\alpha, \beta, \gamma) = (0, 0, 0) ; \Phi_2 \\ H_0 : (\alpha, \beta, \gamma) = (\alpha, 0, 0) ; \Phi_3 \end{array} \right\} \quad (17)$
$\Delta y_t = \alpha + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$	$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : \gamma = 0 ; \tau \\ H_0 : (\alpha, \gamma) = (0, 0) ; \Phi_1 \end{array} \right\} \quad (18)$
$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$	$\{H_0 : \gamma = 0 ; \tau\} \quad (19)$
Teste de Dickey-Fuller Generalized Least Square	
$y^d = y_t - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t)$	(20)
$\Delta y^d = \gamma y_{t-1}^d + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta y_{t-i}^d + \varepsilon_t$	$; \quad \{H_0 : \gamma = 0\} \quad (21)$
Teste de KPSS	
$y_t = \alpha + \beta t + x_t + \varepsilon_t$	(22)
$x_t = x_{t-1} + v_t$	$\{H_0 : \sigma_v^2 = 0 \Leftrightarrow \text{A s\u00e9rie \u00e9 estacion\u00e1ria (N\u00e3o possui raiz unit\u00e1ria)}\}$
Teste de Zivot-Andrews	
Mudan\u00e7a de n\u00edvel	$A : \Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + d_2 DL_t + \sum_{i=1}^{p-1} \lambda_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t$ $H_0^A : \beta = \gamma = d_2 = 0 \quad x \quad H_1^A : \gamma < 0 \wedge (\beta \neq 0 \vee d_2 \neq 0)$ (23)
Mudan\u00e7a de inclina\u00e7\u00e3o	$B : \Delta y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + d_3 DS_t + \sum_{i=1}^{p-1} \lambda_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t$ $H_0^B : \beta = \gamma = d_3 = 0 \quad x \quad H_1^B : \gamma < 0 \wedge (\beta \neq 0 \vee d_3 \neq 0)$ (24)
Mudan\u00e7a de ambos	$C : \Delta y_t = \alpha + \gamma y_{t-1} + \delta t + d_2 DL_t + d_3 DS_t + \sum_{i=1}^{p-1} \lambda_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t$ $H_0^C : \beta = \gamma = d_2 = d_3 = 0 \quad x \quad H_1^C : \gamma < 0 \wedge \beta \neq 0 \vee (d_2 \neq 0, d_3 \neq 0)$ (25)
Nos casos acima considere:	
(1) <i>Dummy</i> para mudan\u00e7a de n\u00edvel:	$DL_t = \left\{ \begin{array}{l} 1, t > T_b \\ 0, \text{ caso contr\u00e1rio} \end{array} \right\}; \quad T_b : \text{data da quebra}$
(2) <i>Dummy</i> para mudan\u00e7a de inclina\u00e7\u00e3o:	$DS_t = \left\{ \begin{array}{l} 1 - T_b, t > T_b \\ 0, \text{ caso contr\u00e1rio} \end{array} \right\}; \quad 1 < T_b < t$

Fonte: Adapta\u00e7\u00e3o de Bueno (2012).

2.3.1.2 Ordens de defasagens

Enquanto as ordens q e Q são identificadas a partir da FAC, as ordens p e P são identificadas a partir da FACP. Para um processo $MA(q)$ a FAC é truncada a partir da defasagem q e a FACP apresenta um decaimento oscilatório. Num processo $AR(p)$ temos o contrário: FACP é truncada a partir da defasagem p e a FAC apresenta um decaimento exponencial ou oscilatório (senóide amortecidas). Esses mesmos critério valem para os processos $AR(P)_s$, $MA(Q)_s$ e $ARMA(P,Q)_s$, com a diferença que nestes processos a FACP e a FAC serão truncadas a partir das defasagens múltiplas de s . No caso dos processos $ARMA(p,q)$ e $ARMA(P,Q)_s$ há um declínio em ambos os gráficos. Os coeficientes de autocorrelação significativos na FAC são indicativos para ordens de defasagens q e Q e na FACP indicativos para as ordens p e P . No Quadro 10 apresentamos um resumo com esses padrões. Vale destacar que, esses comportamentos ocorrem na FAC e FACP teóricas, logo pode ocorrer das respectivas funções amostrais não seguirem exatamente este padrão.

Quadro 10 – Comportamento da FAC e da FACP teóricas

Processo	FAC	FACP
Ruído branco	0	0
AR (p)	Decaimento exponencial ou oscilatório	Truncada a partir de $k = p$
MA (q)	Truncada a partir de $k = q$	Decaimento oscilatório
ARMA (p,q)	Decaimento a partir de $k = q$	Decaimento a partir de $k = p$

Fonte: Adaptação de Ehlers (2007) e Vasconcellos *et al.* (2000).

2.3.2 Estimação

Nesse trabalho utilizaremos o método da máxima verossimilhança para determinação dos estimadores. Mostraremos a seguir que, sob a suposição $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$, os estimadores de máxima verossimilhança equivalem aos estimadores de mínimos quadrados.

Consideremos o vetor $\xi = (\phi, \theta, \sigma_\varepsilon^2)$ dos parâmetros de um modelo $ARIMA(p,d,q)$, onde $\phi = (\phi_1, \dots, \phi_p)$ e $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_q)$. Os estimadores de máxima verossimilhança de ξ são os valores que maximizam a função de verossimilhança $L(\xi | Y_1, \dots, Y_N)$ ou $l = \log L$.

Supondo $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$, $W_t = \Delta^d Y_t$ com $\tilde{W}_t = W_t - \mu_w$ e reescrevendo o modelo $ARMA(p,q)$ em função de ε_t , tem-se:

$$\varepsilon_t = \tilde{W}_t - \phi_1 \tilde{W}_{t-1} - \dots - \phi_p \tilde{W}_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (26)$$

A função de densidade conjunta de $\epsilon_1, \dots, \epsilon_n$ é dada por:

$$f(\epsilon_1, \dots, \epsilon_n) = (2\pi)^{n/2} (\sigma_\epsilon)^{-n} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma_\epsilon^2} \sum_{t=1}^n \epsilon_t^2 \right\} \quad (27)$$

Para calcular $\epsilon_1, \dots, \epsilon_n$ suponha que sejam atribuídos p valores para W_t e q valores para ϵ_t , que representaremos por: W_t^* e ϵ_t^* , respectivamente. Através da Equação 27, a função de verossimilhança condicionada a esta escolha é dada por:

$$L(\xi | \mathbf{W}, \mathbf{W}^*, \boldsymbol{\epsilon}^*) = (2\pi)^{\frac{n}{2}} (\sigma_\epsilon)^{-n} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma_\epsilon^2} \sum_{t=1}^n (\tilde{W}_t - \phi_1 \tilde{W}_{t-1} - \dots - \phi_p \tilde{W}_{t-p} + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \epsilon_{t-q})^2 \right\} \quad (28)$$

Aplicando-se o logaritmo de L , temos:

$$l(\xi | \mathbf{W}, \mathbf{W}^*, \boldsymbol{\epsilon}^*) \propto n \log(\sigma_\epsilon) - \frac{S(\eta | \mathbf{W}, \mathbf{W}^*, \boldsymbol{\epsilon}^*)}{2\sigma_\epsilon^2} \quad (29)$$

sendo

$$S(\eta | \mathbf{W}, \mathbf{W}^*, \boldsymbol{\epsilon}^*) = \sum_{t=1}^n \epsilon_t^2(\eta | \mathbf{W}, \mathbf{W}^*, \boldsymbol{\epsilon}^*) \quad (30)$$

Logo, maximizar $l(\xi | \mathbf{W}, \mathbf{W}^*, \boldsymbol{\epsilon}^*)$ é equivalente a minimizar $S(\eta | \mathbf{W}, \mathbf{W}^*, \boldsymbol{\epsilon}^*)$ e os estimadores de máxima verossimilhança correspondem aos estimadores de mínimos quadrados.

$S(\eta | \mathbf{W}, \mathbf{W}^*, \boldsymbol{\epsilon}^*)$, dada pela Equação (30), é denominada soma condicional dos quadrados (SQ).

Alternativamente, Morettin e Toloi (2006) sugerem adotar os valores médios de W_t^* e ϵ_t^* .

A obtenção das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial teóricas não depende da suposição de normalidade do ruído branco. Além disso, para n suficientemente grande os resultados assintóticos para as distribuições amostrais dessas funções também não dependem dessa suposição. A hipótese de normalidade do ruído branco ϵ_t é necessária apenas para a estimação pelo método da verossimilhança e para a obtenção dos intervalos preditivos (Cryer, 1986 p. 250)

2.3.3 Análise dos resíduos

Se o modelo estiver bem especificado os resíduos do modelo (ϵ_t) devem apresentar as mesmas características de um ruído branco, ou seja, devem ser não autocorrelacionados, apresentar média em torno de zero e variância constante. A análise gráfica para cada uma dessas três condições implica em avaliar o correlograma dos resíduos, o histograma e a série temporal dos resíduos (ou dos resíduos padronizados). Já numa análise inferencial aplicam-se os seguintes testes: Box-Pierce e Ljung-Box para verificar a autocorrelação residual, Jarque-Bera e Shapiro-Wilk para análise da normalidade e o ARCH-LM (*Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*) para avaliar a homocedasticidade dos resíduos – ver Quadro 11.

Quadro 11 – Testes para análise dos resíduos

Autocorrelação residual	
(1) Teste de <i>Box-Pierce</i>	(2) Teste de <i>Ljung-Box</i>
$Q(K) = n \sum_{k=1}^K \hat{\rho}_k^2(\epsilon) \sim \chi_{K-p-q}^2$	$LB(K) = n(n+2) \sum_{k=1}^K \left[\frac{\hat{\rho}_k^2(\epsilon)}{n-k} \right] \sim \chi_{K-p-q}^2$
H_0 : Os resíduos não são correlacionados $\left(\sum_{k=1}^K \rho_k(\epsilon) = 0 \right)$ K: duração da defasagem	
Normalidade	
(1) Teste <i>Jarque-Bera</i>	
$\begin{cases} H_0 : E(\epsilon_t^s)^3 = 0 \wedge E(\epsilon_t^s)^4 = 3 \\ H_1 : E(\epsilon_t^s)^3 \neq 0 \vee E(\epsilon_t^s)^4 \neq 3 \end{cases} \Rightarrow JB = \frac{n}{6} \left[\frac{\sum_{t=1}^n E(\hat{\epsilon}_t^s)^3}{n} \right]^2 + \frac{n}{24} \left[\frac{\sum_{t=1}^n E(\hat{\epsilon}_t^s)^3}{n} - 3 \right]^2 \sim \chi_2^2$	
$\hat{\epsilon}_t^s$: resíduo padronizado	
(2) Teste de <i>Shapiro-Wilk</i>	
(1º) Ordenar $x_{(i)}$	
(2º) Estatística de teste: $W_{\text{calc}} = \frac{b^2}{\sum_i^n (x_{(i)} - \bar{x})^2}$; $b = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n/2} a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_{(i)}) & ; \text{ se } n \text{ é par} \\ \sum_{i=1}^{(n+1)/2} a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_{(i)}) & ; \text{ se } n \text{ é ímpar} \end{cases}$	
a_{n-i+1} : constantes geradas pelas médias e variâncias de $x_{(i)}$ da amostra de uma distribuição Normal	
(3º) Regra de decisão: se $W_{\text{calc}} < W_\alpha$ (valor tabelado da estatística W de Shapiro-Wilk) \Rightarrow Rejeita-se H_0 .	
Homocedasticidade	
Teste ARCH-LM	
Regressão auxiliar: $\hat{\epsilon}_t^2 = \beta_1 \hat{\epsilon}_{t-1}^2 + \beta_2 \hat{\epsilon}_{t-2}^2 + \dots + \beta_k \hat{\epsilon}_{t-k}^2 + u_t$	
$\begin{cases} H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0 \text{ (ausência de heterocedasticidade)} \\ H_1 : \exists \text{ pelo menos um } \beta_j \neq 0 \end{cases} \Rightarrow \text{ARCH-LM} = nR^2 \sim \chi_k^2$	

Fonte: Adaptação de Bueno (2012).

Os testes de Box-Pierce e Ljung-Box são testes de hipóteses para a soma dos coeficientes de correlação. Para testar a hipótese $H_0: \rho_k = 0$ para um k específico basta avaliar a significância estatística do coeficiente de autocorrelação residual, dado por:

$$\hat{\rho}_k(\hat{\epsilon}) = \frac{\sum_{t=k+1}^n \hat{\epsilon}_t \hat{\epsilon}_{t-k}}{\sum_{t=k+1}^n \hat{\epsilon}_t^2} \sim N\left(0, \frac{1}{n}\right) \quad (31)$$

2.3.4 Seleção de modelos

Nesse trabalho adotamos os critérios de informação e as medidas de desempenho como métricas para selecionarmos os modelos propostos na fase da identificação. Particularmente, as medidas de desempenho são utilizadas para avaliar os modelos segundo a qualidade do ajuste e a capacidade de previsão.

2.3.4.1 Critérios de informação

Os critérios de informação incluem a variância estimada dos resíduos ($\hat{\sigma}_\epsilon^2$, que diminui com a inclusão de parâmetros) e uma função penalizadora (que aumenta com o número de parâmetros no modelo). Especificamente, tem-se a seguinte formulação geral:

$$C = \ln \hat{\sigma}_\epsilon^2 + \omega \Psi(n)$$

função penalizadora

sendo $\hat{\sigma}_\epsilon^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{\epsilon}_i^2}{n}$ a variância estimada do resíduo, n o tamanho da amostra $\omega = p + q + P + Q$ e

$\Psi(n)$ a ordem do processo que penaliza a parcimônia.

Nesse trabalho são utilizados o Critério de Informação de *Akaike* (AIC), o Critério de Informação de *Akaike* corrigido (AICc) e o Critério de Informação *Bayesiano* (BIC), como apresentados no Quadro 12.

Quadro 12 – Critérios de informação

Critérios de Informação		
$AIC = \ln \hat{\sigma}_\epsilon^2 + \frac{2(\omega)}{n}$	$AICc = \ln \hat{\sigma}_\epsilon^2 + \frac{2(\omega)(\omega+1)}{n-\omega-2}$	$BIC = \ln \hat{\sigma}_\epsilon^2 + \frac{\omega \ln(n)}{n}$

Fonte: Adaptação de Bueno (2012).

2.3.4.2 Medidas de desempenho

Nesse trabalho são utilizadas as seguintes medidas de desempenho: raiz do erro quadrático médio (RMSE), o erro absoluto médio (MAE) e o erro absoluto percentual médio (MAPE), mostradas no Quadro 13. O RMSE e o MAE correspondem a uma média dos erros (média quadrática e média absoluta, respectivamente), sendo que o primeiro é mais influenciado pelos *outliers* (visto que corresponde aos erros ao quadrado). Ambas estão na mesma escala da variável analisada. Já o MAPE indica o percentual de erro do modelo ajustado. Elas são utilizadas como critérios de seleção da seguinte maneira: num primeiro instante para avaliar acurácia e num segundo instante para avaliar capacidade preditiva dos modelos.

Quadro 13 – Medidas de desempenho e qualidade do ajuste

Qualidade do ajuste		
$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n \hat{\varepsilon}_t^2}{n}}$	$\text{MAE} = \frac{\sum_{t=1}^n \hat{\varepsilon}_t }{n}$	$\text{MAPE} = \sum_{t=1}^n \left \frac{\hat{\varepsilon}_t}{ny_t} \right \times 100$
Qualidade da previsão		
$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{h=1}^H e_t^2(h)}{H}}$	$\text{MAE} = \frac{\sum_{h=1}^H e_t(h) }{H}$	$\text{MAPE} = \sum_{h=1}^H \left \frac{e_t(h)}{Hy_{t+h}} \right \times 100$
h: horizonte de previsão; H: número de observações fora da amostra; n: tamanho da amostra		

Fonte: Adaptação de Bueno (2012).

A qualidade do ajuste avaliada com base em toda amostra é função dos resíduos do modelo ($\hat{\varepsilon}_t = y_t - \hat{y}_t$) e a qualidade da previsão, realizada comparando-se os valores previstos com os valores reais das variáveis fora da amostra, é função dos erros de previsão ($e_t(h) = y_{t+h} - \hat{y}_t(h)$ onde $\hat{y}_t(h)$ é a previsão h passos a frente, como veremos a seguir).

2.3.5 Previsão

Para obter as previsões h passos à frente devemos considerar inicialmente a equação do modelo no instante $t + h$ ($h = 1, 2, \dots$) com $w_t = \Delta^d y_t$:

$$w_{t+h} = \phi_1 w_{t+h-1} + \phi_2 w_{t+h-2} + \dots + \phi_p w_{t+h-p} + \varepsilon_{t+h} - \theta_1 \varepsilon_{t+h-1} - \theta_2 \varepsilon_{t+h-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t+h-q} \quad (32)$$

Ao aplicarmos a esperança na Equação (32) utilizamos as seguintes propriedades descritas nas equações (33) e (34).

$$E[w_{t+h} | w_t, w_{t-1}, \dots, w_1] = \begin{cases} w_{t+h} & ; h \leq 0 \\ \hat{w}_t(h) & ; h > 0 \end{cases} \quad (33)$$

$$E[\varepsilon_{t+h} | w_t, w_{t-1}, \dots, w_1] = \begin{cases} \hat{\varepsilon}_{t+h} = w_{t+h} - \hat{w}_{t+h} & ; h \leq 0 \\ 0 & ; h > 0 \end{cases} \quad (34)$$

Consequentemente equação de previsão será dada por:

$$\begin{aligned} \hat{w}_t(h) = & \phi_1 \hat{w}_t(h-1) + \phi_2 \hat{w}_t(h-2) + \dots + \phi_{h-1} \hat{w}_t(1) + \\ & + \phi_h w_t + \phi_{h+1} w_{t-1} + \dots + \phi_p w_{t-h-p} - \\ & - \theta_h \hat{\varepsilon}_t - \theta_{h+1} \hat{\varepsilon}_{t-1} - \dots - \theta_q \hat{\varepsilon}_{t+h-q} \end{aligned} \quad (35)$$

A previsão para y_t , com base na operação inversa, $w_t = \Delta^d y_t = \Delta^{d-1}(y_t - y_{t-1})$ é:

$$\begin{aligned} \hat{y}_t(1) &= \hat{w}_t(1) + y_t \\ \hat{y}_t(2) &= \hat{w}_t(2) + \hat{y}_t(1) = \hat{w}_t(2) + \hat{w}_t(1) + y_t \\ &\vdots \\ \hat{y}_t(h) &= \hat{w}_t(h) + \hat{w}_t(h-1) + \hat{w}_t(1) + y_t \end{aligned} \quad (36)$$

Quanto maior o horizonte de previsão, maior o erro de previsão $e_t(h)$ – diferença entre os valores previstos e os dados originais – e, conseqüentemente, maior o intervalo de previsão (ver Quadro 14). Isso mostra que, segundo a metodologia de Box-Jenkins, as previsões de curto prazo são mais confiáveis que as de longo prazo.

Quadro 14 – Erro de previsão e intervalo de previsão

$e_t(h) = w_{t+h} - \hat{w}_t(h) = \begin{cases} E[e_t(h)] = 0 \\ \text{Var}[e_t(h)] = \sigma_\varepsilon^2 (1 + \psi_1^2 + \psi_2^2 + \dots + \psi_{h-1}^2) \end{cases} \quad (37)$ $e_t(h) \sim N(0, \text{Var}[e_t(h)])$
<p>ARMA(p,q) \rightarrow MA(∞):</p> $\phi(B)w_t = \theta(B)\varepsilon_t \leftrightarrow w_t = \phi^{-1}(B)\theta(B)\varepsilon_t \leftrightarrow w_t = \psi(B)\varepsilon_t \quad (38)$ $w_{t+h} = \varepsilon_{t+h} + \psi_1 \varepsilon_{t+h-1} + \dots + \psi_h \varepsilon_t + \psi_{h+1} \varepsilon_{t-1} + \dots$ $\hat{w}_t(h) = \psi_h \varepsilon_t + \psi_{h+1} \varepsilon_{t-1} + \dots$
$IP(w_{t+h}, \alpha\%) = \hat{w}_t(h) \pm z_{\frac{\alpha}{2}} \hat{\sigma}_\varepsilon [1 + \psi_1^2 + \dots + \psi_{t-1}^2]^{\frac{1}{2}} \quad (39)$

Fonte: Adaptação de Vasconcellos *et al.* (2000).

2.4 Estrutura organizacional

Este trabalho está dividido em duas partes: análise descritiva e aplicação da metodologia de Box-Jenkins. Na análise descritiva avaliamos o comportamento das séries que compõem os mercados formal e informal e realizamos uma análise descritiva desses mercados. Na metodologia de Box-Jenkins, além de serem desenvolvidas todas as etapas dessa abordagem são utilizados, sequencialmente, os critérios de informação e as medidas de desempenho para a seleção dos modelos finais. O objetivo desse formato é permitir que os modelos inicialmente propostos passem por três triagens até a escolha do modelo final – ver Quadro 15.

Considerando a metodologia de Box-Jenkins, quando da etapa da identificação (subdividida em: identificação das ordens d e D e identificação das ordens p , q , P e Q) são propostos quatro modelos. Nas etapas seguintes – estimação e análise dos resíduos – verificamos se esses modelos são adequados, ou seja, avaliamos as condições de estacionariedade e invertibilidade e as características dos resíduos (que devem aproximar-se de um ruído branco). Caso isso não ocorra novos modelos são propostos e estimados.

Para a primeira triagem dos modelos são aplicados os critérios de informação: dos quatro modelos inicialmente escolhidos eliminamos aquele com maior AIC, AICc e BIC. Na sequência, é eliminado o modelo com a menor acurácia (ou seja, com os menores valores para a variância estimada do ruído branco, RMSE, MAE e MAPE). Por fim, a etapa de previsão consiste na última triagem dos modelos, os quais são selecionados com base em sua capacidade preditiva para os mercados formal e informal; em seguida realizamos as previsões para os modelos selecionados.

Quadro 15 – Estrutura organizacional do trabalho

Análise Descritiva		
• Composição e análise descritiva das séries		
Aplicação da Metodologia de Box - Jenkins		
$\left. \begin{array}{l} 1. \text{ Identificação} \\ 2. \text{ Estimação} \\ 3. \text{ Diagnóstico dos resíduos} \end{array} \right\}$	_____	4 Modelos
4. Critérios de informação	_____	3 Modelos
5. Qualidade do ajuste	_____	2 Modelos
$\left. \begin{array}{l} 6. \text{ Previsão I (qualidade da previsão)} \\ 7. \text{ Previsão II} \end{array} \right\}$	_____	Modelo final

3 Análise dos Resultados

Nesse capítulo é realizada a análise descritiva e aplicada a metodologia de Box-Jenkins nos mercados de trabalho formal e informal. Para todos os testes realizados utilizamos um nível de significância de 5%.

3.1 Análise descritiva dos mercados de trabalho formal e informal

Uma avaliação dos mercados de trabalho formal e informal segundo suas categorias pode ser feita a partir da Figura 1. Nela podemos notar que, enquanto os trabalhadores com carteira e os funcionários públicos predominam no mercado de trabalho formal, os trabalhadores por conta própria seguido dos trabalhadores sem carteira prevalecem no mercado de trabalho informal ao longo de todo o período analisado. Em 2019, juntas as duas categorias citadas em cada um dos mercados de trabalho correspondiam a aproximadamente 80% da força de trabalho em cada um desses mercados.

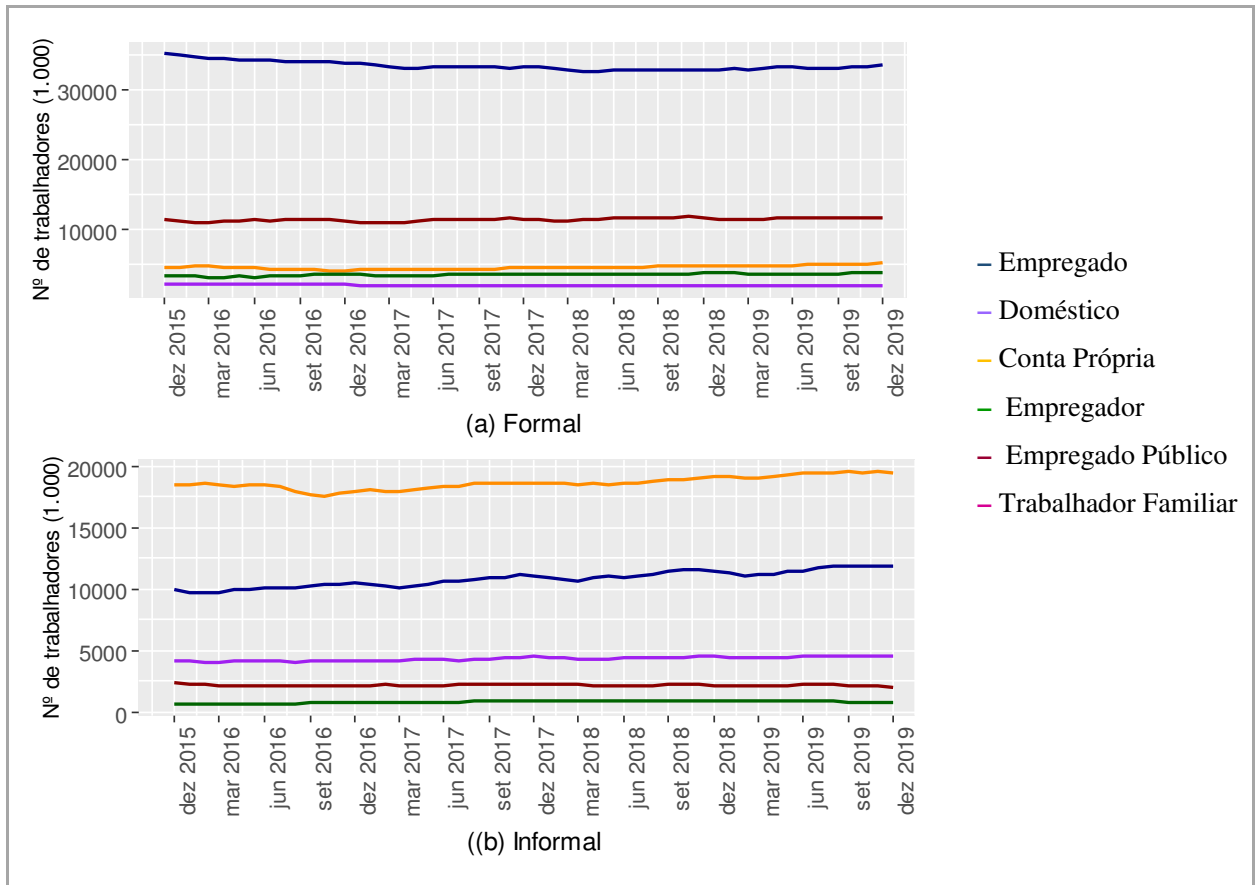


Figura 1 – Evolução do número de trabalhadores nos mercados de trabalho formal e informal.

As séries temporais de cada uma das categorias descritas anteriormente são mostradas na Figura 2. O arranjo (lado a lado) dos gráficos permite ao leitor a comparação de uma mesma categoria em ambos os mercados, ou seja, as categorias com carteira ou com CNPJ (à esquerda) podem ser comparadas as categorias sem carteira ou sem CNPJ (à direita)⁵, respectivamente.

Destacam-se os seguintes pontos:

- (i) os dados sugerem uma redução do emprego com carteira assinada até o início de 2018 com crescimento moderado após esse período (ver Figura 2a). Já o emprego sem carteira apresentou um crescimento ao longo da sua trajetória (ver Figura 2b);
- (ii) para os trabalhadores domésticos os movimentos são opostos: queda para os com carteira e aumento para os sem carteira, sendo que o número de trabalhadores nessa última categoria corresponde ao dobro da primeira;
- (iii) observa-se ao longo do período um aumento do número de trabalhadores por conta própria e empregadores com e sem CNPJ (ver Figuras 2e, 2f, 2g e 2h). No entanto, vale destacar que os trabalhadores que atuam por conta própria sem CNPJ representam 60% dos trabalhadores no mercado de trabalho informal;
- (iv) Na Figura 2i podemos ver um crescimento de empregados públicos e, vale destacar que esta categoria corresponde a corresponde aproximadamente 20% do mercado de trabalho formal. O trabalhador familiar auxiliar não apresentou grandes oscilações como podemos ver na Figura 2j.

⁵ A exceção ocorre para as categorias empregado público e trabalhador familiar auxiliar, as quais não são análogas para o mercado de trabalho formal e informal, respectivamente.

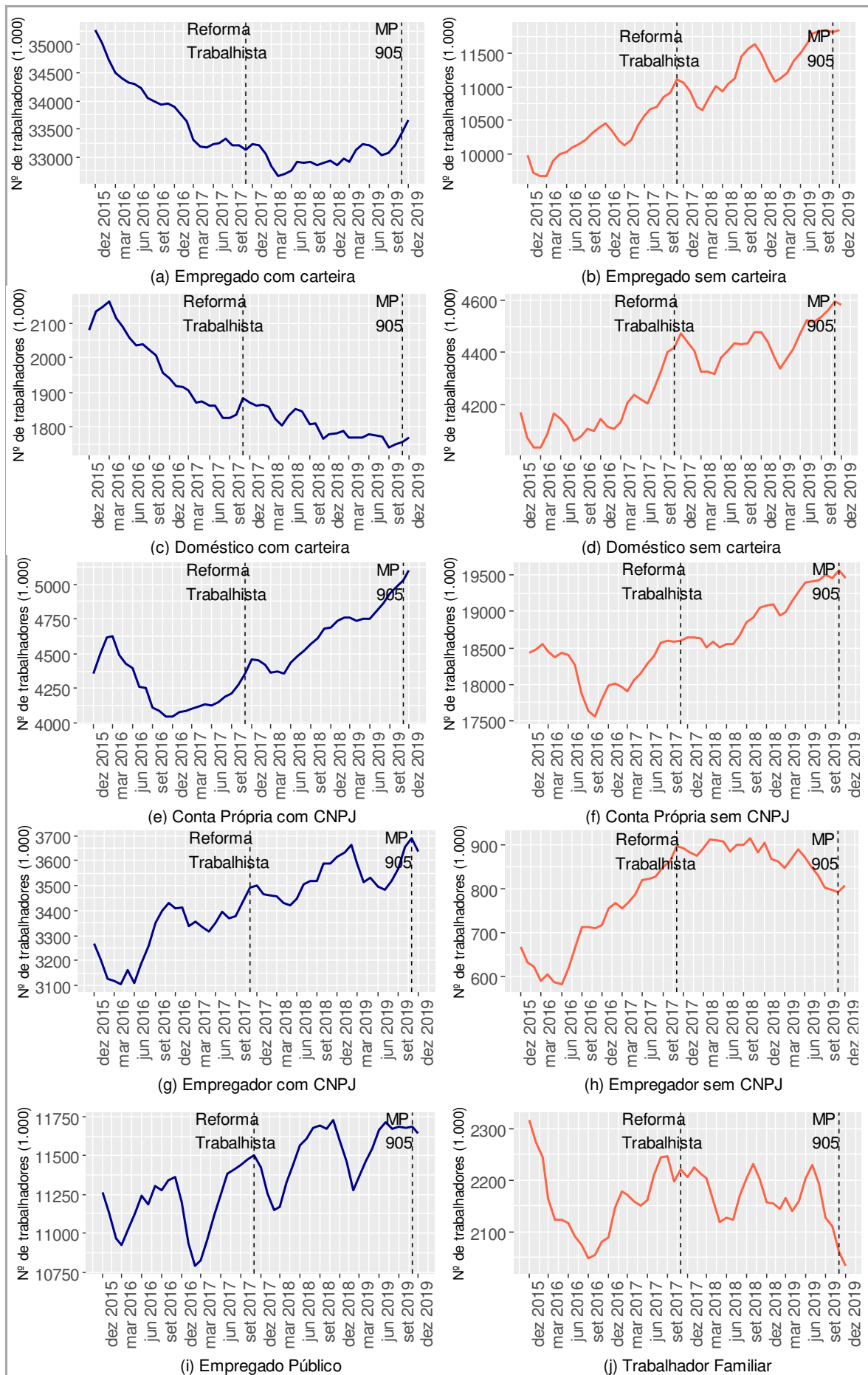


Figura 2 – Séries temporais das componentes dos mercados de trabalho formal e informal.

Na Figura 3 apresentamos as séries temporais para os mercados de trabalho formal e informal, os quais correspondem a soma das categorias que os compõem, apresentadas anteriormente. Os dados indicam que, embora a Reforma Trabalhista possa ter provocado um crescimento moderado no mercado de trabalho formal, ela não foi capaz de conter o crescimento contínuo no mercado de trabalho informal.

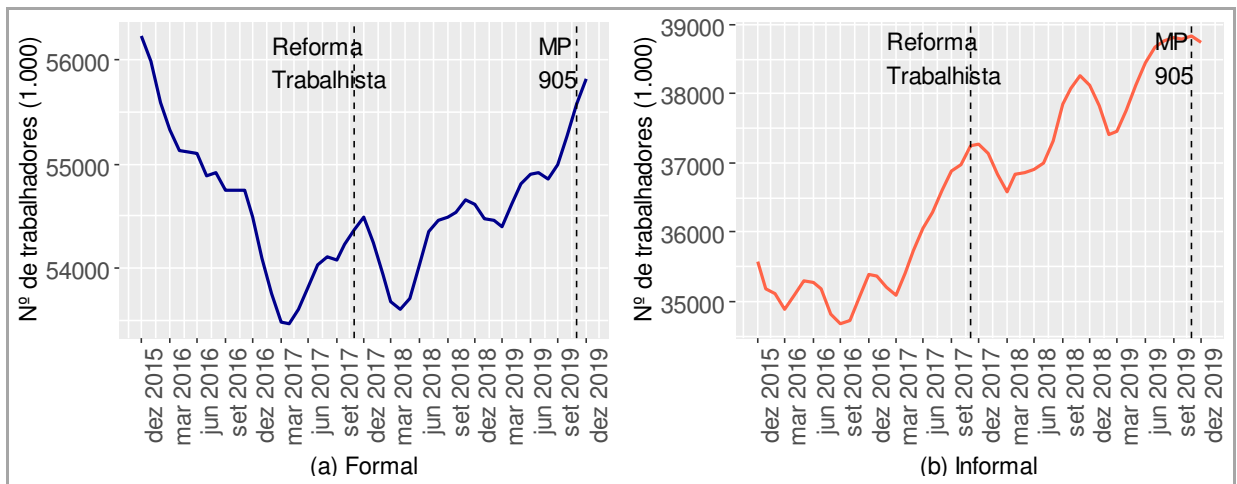


Figura 3 – Séries temporais dos mercados de trabalho formal e informal.

Na avaliação da variação interanual (Figura 4) nota-se que, ao contrário do mercado de trabalho informal que apresentou uma variação positiva para o número de trabalhadores em todo o período observado (exceto para dezembro/2016), o mercado de trabalho formal só apresentou o mesmo comportamento a partir de dezembro/2017. O crescimento do mercado de trabalho formal só foi superior ao do mercado de trabalho informal nos três últimos meses do período analisado.

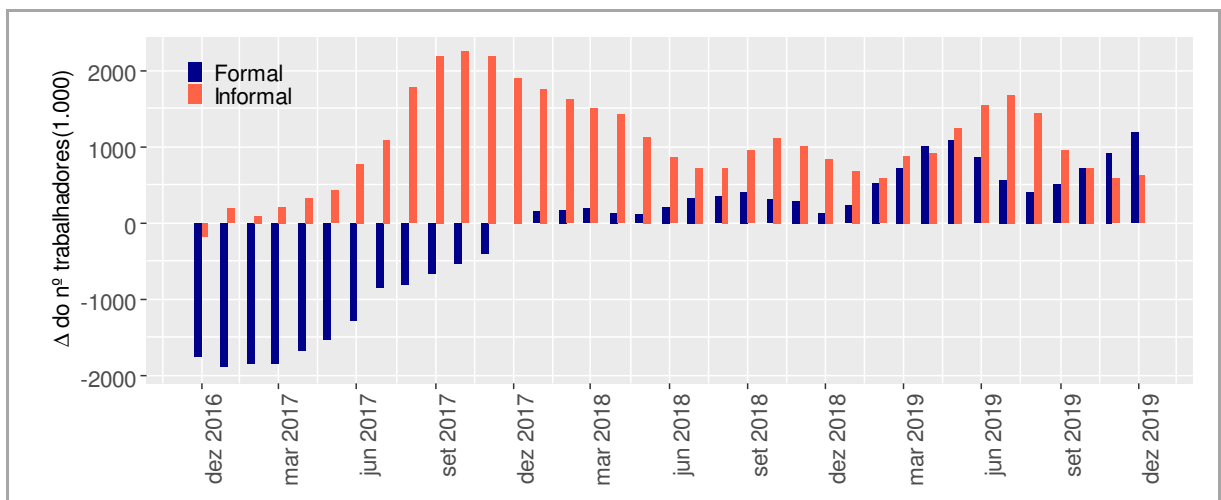


Figura 4 – Variação interanual para os mercados de trabalho formal e informal.

Dos resultados da análise descritiva (Tabela 1 e na Figura 5) destacam-se os pontos:

- A média anual do número de trabalhadores cresce ao longo dos anos no mercado de trabalho informal e permaneceu praticamente estável no mercado de trabalho formal;
- A variabilidade anual do número de trabalhadores também foi maior no mercado de trabalho informal (vide o desvio padrão e/ou coeficiente de variação);
- Em 2016, 75% do mercado de trabalho formal não ultrapassou 55.185 milhões de trabalhadores. Em 2019 esse valor era praticamente o mesmo (55.063 milhões de trabalhadores). No mercado de trabalho informal, esse quantil aumentou consideravelmente, passando de 35.204 em 2016 para 38.769 milhões de trabalhadores em 2019.

Tabela 1 – Análise descritiva para os mercados de trabalho formal e informal (em 1.000¹)

Medidas descritivas	Formal				Informal			
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
Q1	54.758	53.721	53.883	54.584	34.868	35.393	36.859	37.797
Q2	55.012	54.056	54.304	54.883	35.092	36.166	37.066	38.564
Q3	55.185	54.142	54.504	55.063	35.204	36.900	37.900	38.769
Amplitude	1.502	1.018	1.059	1.419	701	2.190	1.665	1.422
Média	55.070	53.963	54.198	54.298	35.056	36.174	37.313	38.301
Desvio padrão	414,87	334,71	386,41	441,05	230,25	812,07	593,79	556,72
CV (%)	0,75	0,62	0,71	0,81	0,66	2,24	1,59	1,45

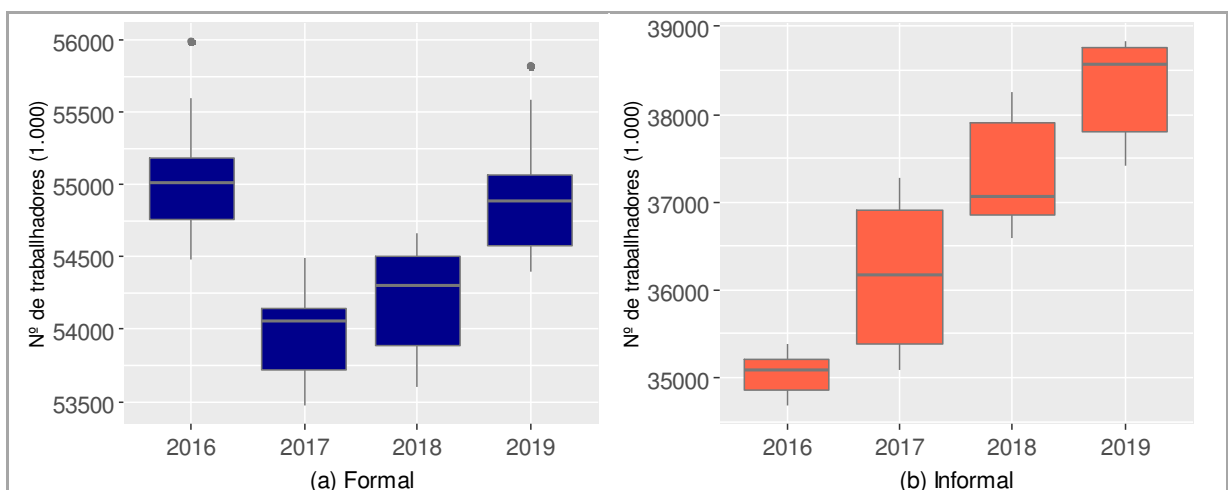


Figura 5 – *Boxplots* do número de trabalhadores para os mercados de trabalho formal e informal.

Através da decomposição (pelo método das médias móveis) das séries temporais para os mercados de trabalho formal e informal (Figura 6) nota-se a presença das componentes tendência e sazonalidade. No mercado de trabalho formal a tendência sofre uma mudança de

sinal em meados de 2017 e no mercado informal há uma tendência crescente a partir de dezembro de 2016. A sazonalidade pode ser observada a partir dos movimentos oscilatórios que se repetem a cada 12 meses (periodicidade das séries).

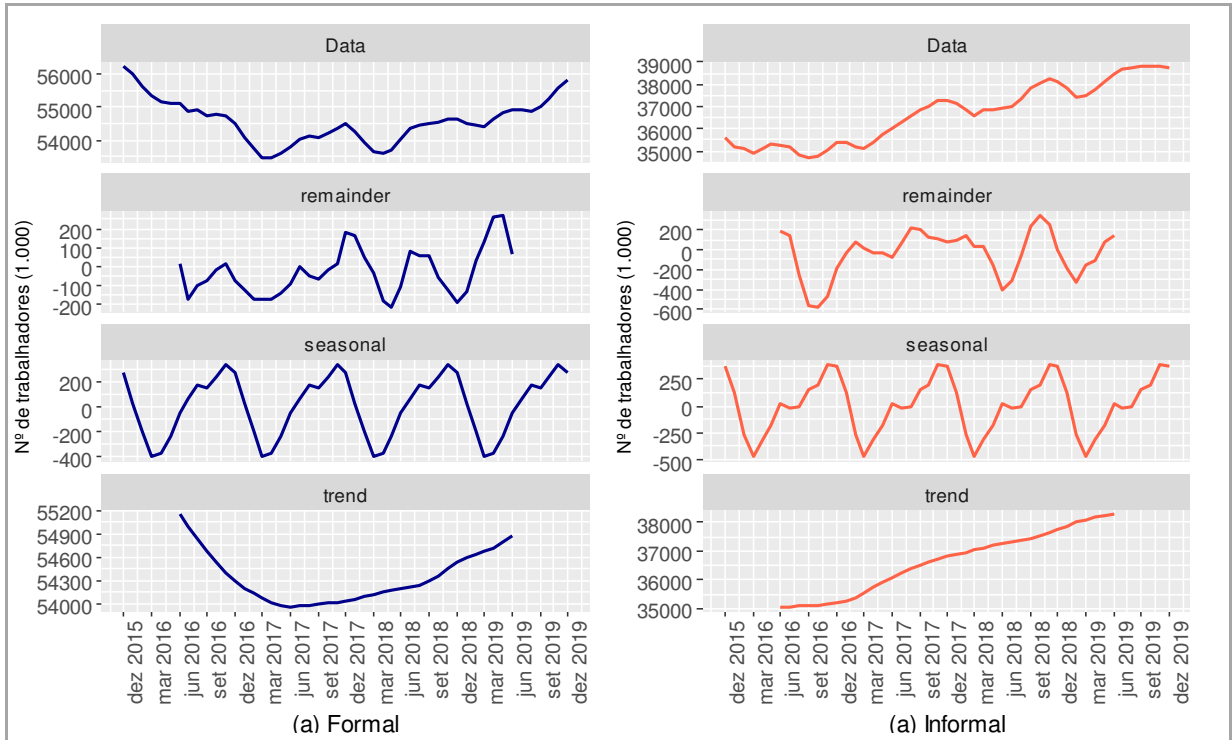


Figura 6 – Decomposição das séries temporais: mercados de trabalho formal e informal.

Em ambos os mercados de trabalho o ano de 2016 (atípico) não segue o mesmo padrão sazonal dos demais anos, como mostra a Figura 7.

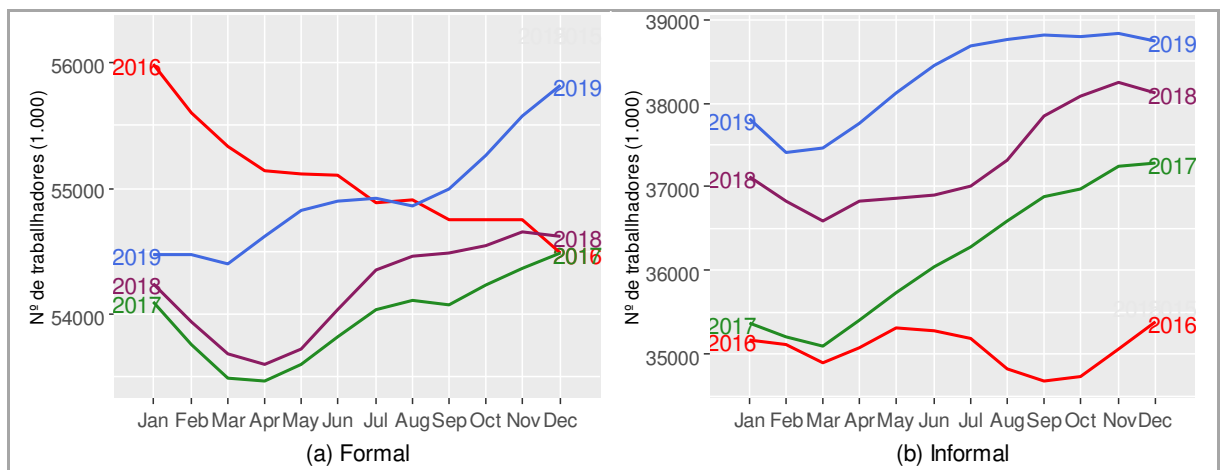


Figura 7 – Sazonalidade nos mercados de trabalho formal e informal.

3.2 Aplicação da metodologia de Box-Jenkins nos mercados de trabalho formal e informal

3.2.1 Identificação dos modelos

Nesta subseção são identificadas as ordens de integração e as ordens de defasagem dos processos geradores das séries temporais que representam os números de trabalhadores dos mercados de trabalho formal e informal a partir da função de autocorrelação e da função de autocorrelação parcial estimadas, em concomitância com os testes de raiz unitária. Inicialmente são propostos quatro modelos para cada um dos mercados de trabalho.

3.2.1.1 Identificação das ordens de integração

As ordens de integração correspondem às defasagens que devem ser aplicadas em uma série para que ela se torne estacionária. Assim, a identificação dessas ordens inicia-se com a verificação gráfica da estacionariedade ou não da série, sendo confirmada com testes de estacionariedade (testes de raiz unitária).

A Figura 8a mostra a série original, y_t , do número de trabalhadores do mercado formal. A tendência (ou não estacionariedade) nessa série já havia sido detectada quando da sua decomposição (Figura 6). O correlograma dessa série, mostrado na Figura 8b, valida esta constatação, visto que vários coeficientes de autocorrelação encontram-se fora dos limites de confiança de 95%, indicando a necessidade de diferenciação da série.

A série obtida após a diferenciação simples da série original, Δy_t , é mostrada na Figura 8c, e seu correlograma, na Figura 8d. Podemos observar que a média e a variância parecem estabilizadas após aplicação da primeira diferença. Entretanto, na Figura 8d podemos notar não apenas a significância estatística do coeficiente de autocorrelação no *lag* sazonal $k = 12$, como o decaimento lento dos demais *lags* sazonais, ainda que estes encontrem-se dentro do intervalo de confiança. Por este motivo aplicaremos também uma diferenciação sazonal à série Δy_t .

As Figuras 8e e 8f mostram, respectivamente, a série original após diferenciação simples seguida da diferenciação sazonal, $\Delta\Delta_{12}y_t$, e seu correlograma sugere estabilidade na média e variância e que a estacionariedade na parte não sazonal também foi atingida, visto que, os coeficientes de autocorrelação nos *lags* sazonais são não significativos. Os valores dos coeficientes de correlação e suas respectivas significâncias estatísticas encontram-se na Tabela 2A, no Apêndice 1.

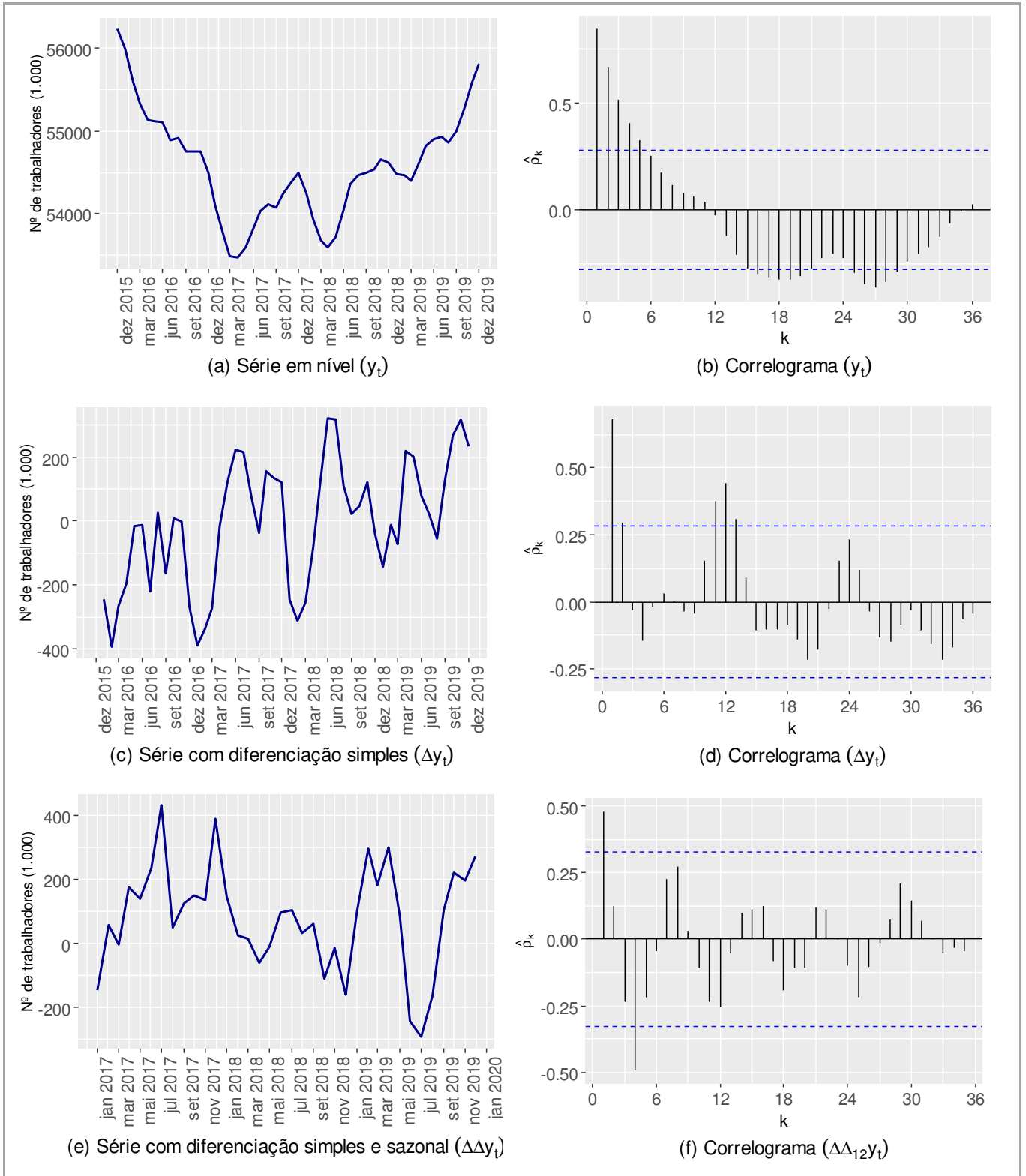


Figura 8 – Mercado de trabalho formal: série em nível, com uma diferenciação simples, com uma diferenciação simples e sazonal e correlogramas associados.

Os resultados definitivos quanto às ordens de diferenciação são obtidos por meio dos testes de raiz unitária, dos quais destacamos o teste de Zivot e Andrews, que, diferentemente dos demais testes de raízes unitárias aplicados neste trabalho, tem como hipótese nula a não

estacionariedade da série e a ausência de quebra estrutural (Seção 2). Nos demais, a hipótese nula é de não estacionariedade apenas.

Para a série original do número de trabalhadores no mercado de trabalho formal, os resultados dos testes de raiz unitária (Tabela 2) apontam que a série original é não estacionária; o teste de Zivot e Andrews indica ainda a inexistência de quebra estrutural nessa série. À exceção do teste GLS aplicado à série $\Delta\Delta_{12}y_t$, os demais testes de raiz unitária indicam que as séries Δy_t e $\Delta\Delta_{12}y_t$ são estacionárias. Entretanto, apenas a série $\Delta\Delta_{12}y_t$ será considerada na etapa de identificação das ordens de defasagens, pelos argumentos obtidos pela análise gráfica.

Tabela 2 – Resultado dos testes de raiz unitária para o mercado de trabalho formal

Séries	ADF ($t_{\text{crít}} = -1,950$)	PP ($t_{\text{crít}} = -2,923$)	GLS ($t_{\text{crít}} = -3,190$)	KPSS ($t_{\text{crít}} = 0,146$)	ZA ($t_{\text{crít}} = -5,080$)
y_t	0,177	-2,143	-0,691	0,294	-2,982
Δy_t	-2,970	-2,861	-3,959	0,042	-
$\Delta\Delta_{12}y_t$	-2,924	-3,461	-1,403	0,061	-

A Figura 9a mostra a série original, y_t , do número de trabalhadores do mercado informal e sugere uma tendência positiva, indicando a violação do pressuposto de estacionariedade. O decaimento lento na função de autocorrelação reforça essa conclusão (Figura 9b).

A série do número de trabalhadores no mercado informal obtida após a diferenciação simples da série original, Δy_t , é mostrada na Figura 9c, e seu correlograma, na Figura 9d. A estabilização tanto da média quanto da variância parecem ter sido atingidas após aplicação da primeira diferença. Na função de autocorrelação (Figura 9d) podemos notar que, o coeficiente de correlação no *lag* sazonal $k = 12$ é bastante significativo. Além disso, os coeficientes de autocorrelação nos demais *lags* sazonais, ainda que estejam dentro do intervalo de confiança, são decrescentes. Por este motivo consideramos também uma diferenciação sazonal na série Δy_t .

As Figuras 9e e 9f mostram, respectivamente, a série original após diferenciação simples seguida da diferenciação sazonal, $\Delta\Delta_{12}y_t$, e seu correlograma sugere que esta série atende aos pressupostos de estacionariedade. Os valores dos coeficientes de correlação e suas respectivas significâncias estatísticas encontram-se na Tabela 3A, no Apêndice 1.

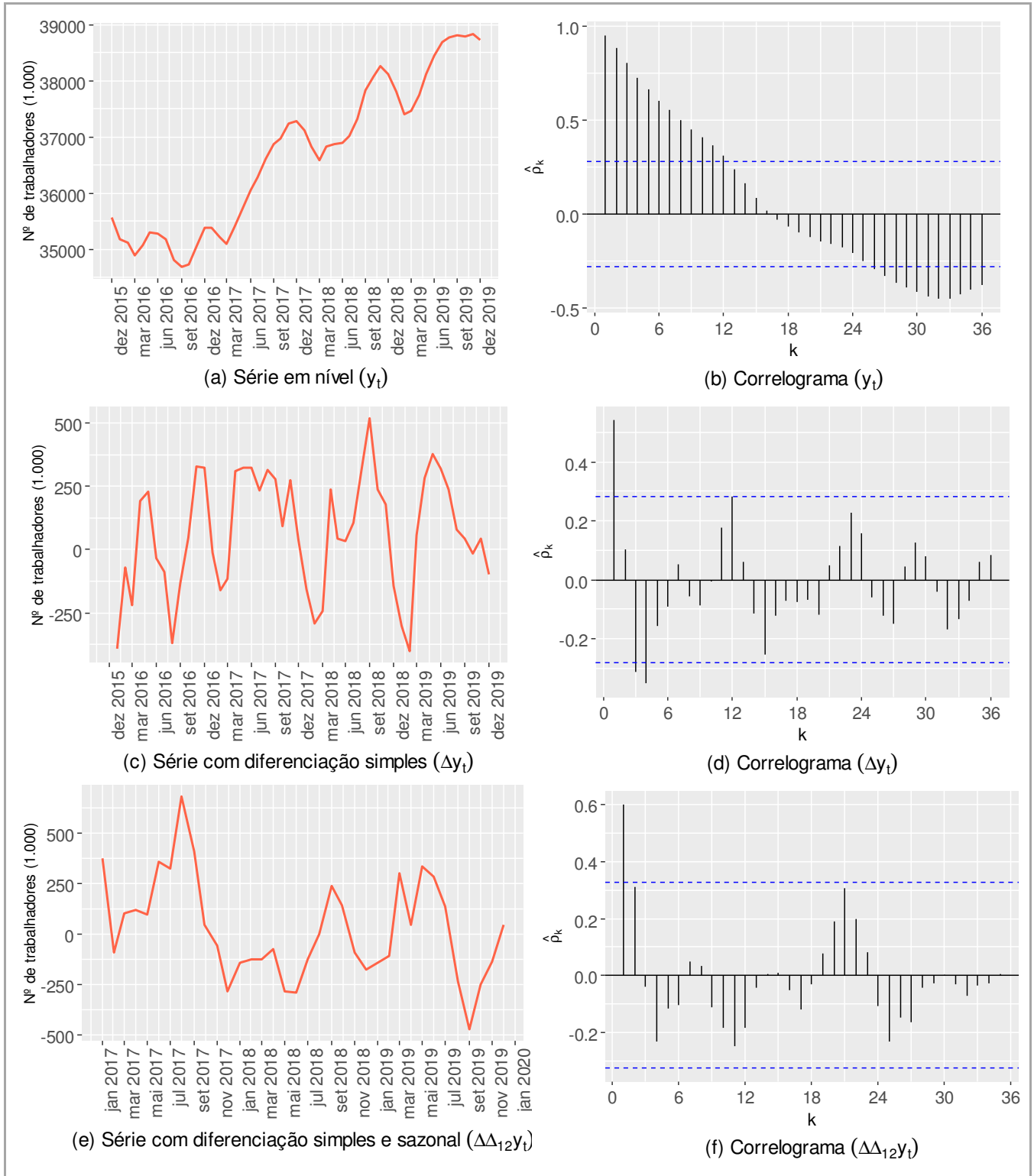


Figura 9 – Mercado de trabalho informal: série em nível, com uma diferenciação simples, com uma diferenciação simples e sazonal e correlogramas associados.

Para a série original do número de trabalhadores no mercado de trabalho informal, os resultados dos testes de raiz unitária (Tabela 3) apontam que a série original é não estacionária com ausência de quebra estrutural, segundo o teste de Zivot e Andrews. Todos os testes de raiz

unitária indicam que as séries Δy_t e $\Delta\Delta_{12}y_t$ são estacionárias. Por essa razão, as séries Δy_t e $\Delta\Delta_{12}y_t$ serão consideradas na etapa de identificação das ordens de defasagens.

Tabela 3 – Resultado dos testes de raiz unitária para o mercado de trabalho informal

Séries	ADF ($t_{\text{crít}} = -1,950$)	PP ($t_{\text{crít}} = -2,923$)	GLS ($t_{\text{crít}} = -3,190$)	KPSS ($t_{\text{crít}} = 0,146$)	ZA ($t_{\text{crít}} = -5,080$)
y_t	2,342	-0,248	-0,474	0,081	-3,684
Δy_t	-2,987	-3,901	-0,003	0,070	-
$\Delta\Delta_{12}y_t$	-3,123	-3,184	-0,199	0,078	-

No Quadro 16 apresentamos um resumo com as ordens de integração para as séries do número de trabalhadores nos mercados de trabalho formal e informal.

Quadro 16 – Ordens de integração d e D para os mercados de trabalho formal e informal

Ordem de integração	Mercado de trabalho	
	Formal	Informal
d (diferenciação simples)	1	1
D (diferenciação sazonal)	1	0, 1

3.2.1.2 Identificação das ordens de defasagens

Uma vez obtida a estacionariedade das séries para os mercados de trabalho formal e informal, o passo seguinte consiste na determinação das ordens defasagens não sazonais (p e q) e sazonais (P e Q). Para isso, são utilizados os correlogramas – de onde são obtidas as ordens q e Q – e os correlogramas parciais de onde são obtidas as ordens p e P.

Como as funções de autocorrelação e de autocorrelação parcial são estimadas, ou seja, não se comportam exatamente como suas respectivas funções teóricas (mostradas no Quadro 7 da seção 2), então são propostos quatro modelos. Iniciamos propondo os modelos cujas ordens de defasagens são claramente identificáveis. Porém, para efeito de comparação, modelos com ordens mais elevadas são incluídos, ainda que os coeficientes de autocorrelação não sejam significativos. A seleção dos modelos é feita pelos critérios de informação, que incluem penalizações para modelos hiperparametrizados.

A Figura 10 contém os correlogramas e os correlogramas parciais do número de trabalhadores no mercado de trabalho formal após as aplicações de uma diferenciação sazonal seguida da diferenciação simples. Os valores dos coeficientes de autocorrelação e de autocorrelação parcial e os respectivos p-valores estão na Tabela 4A (Apêndice 1).

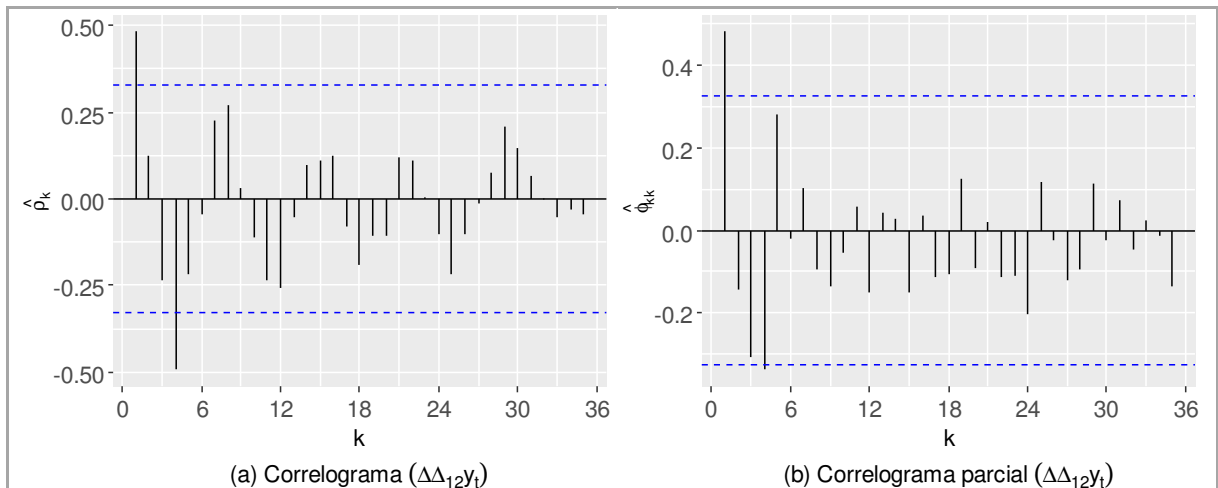


Figura 10 – Correlograma e correlograma parcial para o mercado de trabalho formal.

Para a formulação dos modelos podemos observar que os coeficientes de autocorrelação referentes às defasagens sazonais (P na função de autocorrelação parcial e Q na função de autocorrelação) estão todos contidos no intervalo de confiança de 95%. Logo, a princípio podemos considerar a seguinte estrutura:

$$\text{SARIMA}(p, 1, q) \times (0, 1, 0)_{[12]}$$

Os modelos propostos para o mercado de trabalho formal bem como a justificativa para a escolha de cada um deles são apresentados no Quadro 17. As identificações para cada um dos modelos (mostradas nesse quadro) serão utilizadas ao longo do texto.

Quadro 17 – Modelos propostos para o mercado de trabalho formal

Modelo 1 (M1_F) :	$\left\{ \begin{array}{l} \text{FAC truncada a partir de } k=q=1 \\ \text{FACP truncada a partir de } k=p=1 \end{array} \right\}$	$\Rightarrow \text{SARIMA}(1, 1, 1) \times (0, 1, 0)_{[12]}$
Modelo 2 (M2_F) :	$\left\{ \begin{array}{l} \text{FAC truncada a partir de } k=q=1 \\ \text{FACP com decaimento exponencial} \end{array} \right\}$	$\Rightarrow \text{SARIMA}(0, 1, 1) \times (0, 1, 0)_{[12]}$
Modelo 3 (M3_F) :	$\left\{ \begin{array}{l} \text{FAC com decaimento exponencial} \\ \text{FACP truncada a partir de } k=p=1 \end{array} \right\}$	$\Rightarrow \text{SARIMA}(1, 1, 0) \times (0, 1, 0)_{[12]}$
Modelo 4 (M4_F) :	$\left\{ \begin{array}{l} \text{FAC com decaimento exponencial} \\ \text{FACP truncada a partir de } \begin{cases} k=p=1 \\ k=P=1 \end{cases} \end{array} \right\}$	$\Rightarrow \text{SARIMA}(1, 1, 0) \times (1, 1, 0)_{[12]}$

Como dito antes, para o mercado de trabalho informal serão consideradas as duas ordens de integração sazonal ($D = 0$ e $D = 1$), ou seja, as funções de autocorrelação e autocorrelação parcial serão avaliadas em cada um desses casos. O objetivo neste caso é modelar a sazonalidade de formas distintas.

O correlograma e o correlograma parcial da série com uma diferenciação simples (Figuras 11a e 11b) e da série com uma diferenciação sazonal, além da simples (Figuras 11c e 11d) para o mercado de trabalho informal são mostrados a seguir. A Tabela 5A e a Tabela 6A (no Apêndice 1) contém os valores e a significância estatística para cada um dos coeficientes levando-se em consideração cada um dos casos.

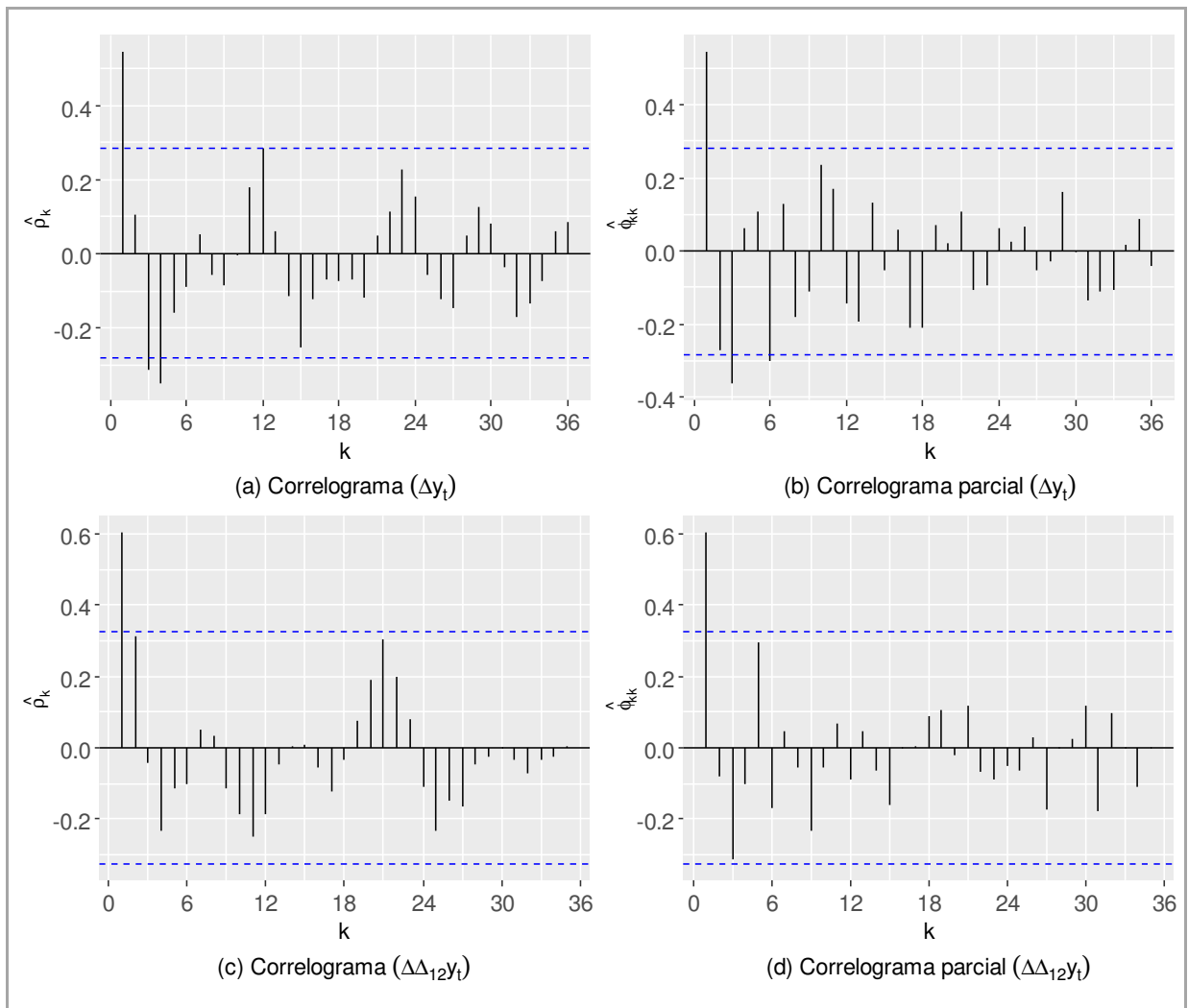


Figura 11 – Correlograma e correlograma parcial para o mercado de trabalho informal.

As ordens de defasagens dos três primeiros modelos propostos para o mercado de trabalho informal foram obtidas com base no correlograma e no correlograma parcial da série com uma diferenciação simples e uma sazonal (Figura 11c e Figura 11d). Já as ordens de defasagens do quarto modelo foram obtidas através correlograma e no correlograma parcial da série apenas com uma diferenciação simples (Figura 11a e Figura 11b).

Os modelos sugeridos e os critérios utilizados para o mercado de trabalho informal são mostrados no Quadro 18, a seguir. As identificações para cada um dos modelos mostradas nesse quadro serão utilizadas ao longo do texto.

Quadro 18 – Modelos propostos para o mercado de trabalho informal

Modelo 1 (M1_I) :	$\left\{ \begin{array}{l} \text{FAC truncada a partir de } k=q=1 \\ \text{FACP truncada a partir de } k=p=1 \end{array} \right\}$	$\Rightarrow \text{SARIMA}(1,1,1) \times (0,1,0)_{[12]}$
Modelo 2 (M2_I) :	$\left\{ \begin{array}{l} \text{FAC truncada a partir de } k=q=2 \\ \text{FACP truncada a partir de } k=p=1 \end{array} \right\}$	$\Rightarrow \text{SARIMA}(1,1,2) \times (0,1,0)_{[12]}$
Modelo 3 (M3_I) :	$\left\{ \begin{array}{l} \text{FAC truncada a partir de } k=q=1 \\ \text{FACP truncada a partir de } k=p=3 \end{array} \right\}$	$\Rightarrow \text{SARIMA}(3,1,1) \times (0,1,0)_{[12]}$
Modelo 4 (M4_F) :	$\left\{ \begin{array}{l} \text{FAC truncada a partir } \left\{ \begin{array}{l} k=q=1 \\ k=Q=1 \end{array} \right\} \\ \text{FACP truncada a partir de } k=p=1 \end{array} \right\}$	$\Rightarrow \text{SARIMA}(1,1,1) \times (0,0,1)_{[12]}$

3.2.2 Estimação dos parâmetros

Propostos os modelos para os mercados de trabalho formal e informal o próximo passo consiste na estimação dos seus parâmetros. Na sequência são avaliadas as condições de estacionariedade e invertibilidade, a significância estatística destes parâmetros e por fim são apresentados os gráficos com os modelos ajustados.

As equações estimadas dos modelos propostos na seção anterior em ambos os mercados de trabalho, obtidas via método da máxima verossimilhança e descritas em função do operador de defasagem B e são apresentadas no Quadro 19. Vale lembrar, que a fórmula geral para a obtenção de cada uma delas é expressa no Quadro 4 do capítulo 2.

Quadro 19 – Modelos estimados para os mercados de trabalho formal e informal

$\phi(\mathbf{B})\Phi(\mathbf{B}^s)\mathbf{w}_t = \theta(\mathbf{B})\Theta(\mathbf{B}^s)\boldsymbol{\varepsilon}_t$	
Formal	Informal
M1_F	M1_I
SARIMA $(1,1,1) \times (0,1,0)_{[12]}$ $(1 - \phi_1\mathbf{B})(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = (1 - \theta_1\mathbf{B})\boldsymbol{\varepsilon}_t$ $(1 - 0,548\mathbf{B})(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = (1 - 0,109\mathbf{B})\boldsymbol{\varepsilon}_t$	SARIMA $(1,1,1) \times (0,1,0)_{[12]}$ $(1 - \phi_1\mathbf{B})(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = (1 - \theta_1\mathbf{B})\boldsymbol{\varepsilon}_t$ $(1 - 0,557\mathbf{B})(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = (1 - 0,125\mathbf{B})\boldsymbol{\varepsilon}_t$
M2_F	M2_I
SARIMA $(0,1,1) \times (0,1,0)_{[12]}$ $(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = (1 - \theta_1\boldsymbol{\varepsilon}_t)$ $(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = (1 - 0,767\mathbf{B})\boldsymbol{\varepsilon}_t$	SARIMA $(1,1,2) \times (0,1,0)_{[12]}$ $(1 - \phi_1\mathbf{B})(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = (1 - \theta_1\mathbf{B} - \theta_2\mathbf{B}^2)\boldsymbol{\varepsilon}_t$ $(1 - 0,111\mathbf{B})(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = (1 - 0,594\mathbf{B} - 0,780\mathbf{B}^2)\boldsymbol{\varepsilon}_t$
M3_F	M3_I
SARIMA $(1,1,0) \times (0,1,0)_{[12]}$ $(1 - \phi_1\mathbf{B})(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = \boldsymbol{\varepsilon}_t$ $(1 - 0,614\mathbf{B})(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = \boldsymbol{\varepsilon}_t$	SARIMA $(3,1,1) \times (0,1,0)_{[12]}$ $(1 - \phi_1\mathbf{B} - \phi_2\mathbf{B}^2 - \phi_3\mathbf{B}^3)(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = (1 - \theta_1\mathbf{B})\boldsymbol{\varepsilon}_t$ $(1 - 0,718\mathbf{B} - 0,067\mathbf{B}^2 - 0,311\mathbf{B}^3)(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = (1 + 0,063\mathbf{B})\boldsymbol{\varepsilon}_t$
M4_F	M4_I
SARIMA $(1,1,0) \times (1,1,0)_{[12]}$ $(1 - \phi_1\mathbf{B})(1 - \Phi_1\mathbf{B}^{12})(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = \boldsymbol{\varepsilon}_t$ $(1 - 0,656\mathbf{B})(1 + 0,504\mathbf{B}^{12})(1 - \mathbf{B})(1 - \mathbf{B}^{12}) y_t = \boldsymbol{\varepsilon}_t$	SARIMA $(1,1,1) \times (0,0,1)_{[12]}$ $(1 - \phi_1\mathbf{B})(1 - \mathbf{B}) y_t = (1 - \theta_1\mathbf{B})(1 - \Theta_1\mathbf{B}^{12})\boldsymbol{\varepsilon}_t$ $(1 - 0,509\mathbf{B})(1 - \mathbf{B}) y_t = (1 - 0,207\mathbf{B}^{12})(1 - 0,404\mathbf{B}^{12})\boldsymbol{\varepsilon}_t$

Em todos os modelos as condições de estacionariedade e invertibilidade são satisfeitas, visto que todas as raízes inversas das equações características dos polinômios $\phi(B)$, $\theta(B)$, $\Phi(B^s)$ e $\Theta(B^s)$ encontram-se dentro do círculo unitário. Nas Figuras 12a até 12e (lado direito) são mostradas as raízes inversas obtidas a partir dos modelos para o mercado de trabalho formal e nas Figuras 12f até 12n (lado esquerdo), mostradas as raízes inversas obtidas a partir dos modelos para o mercado de trabalho informal.

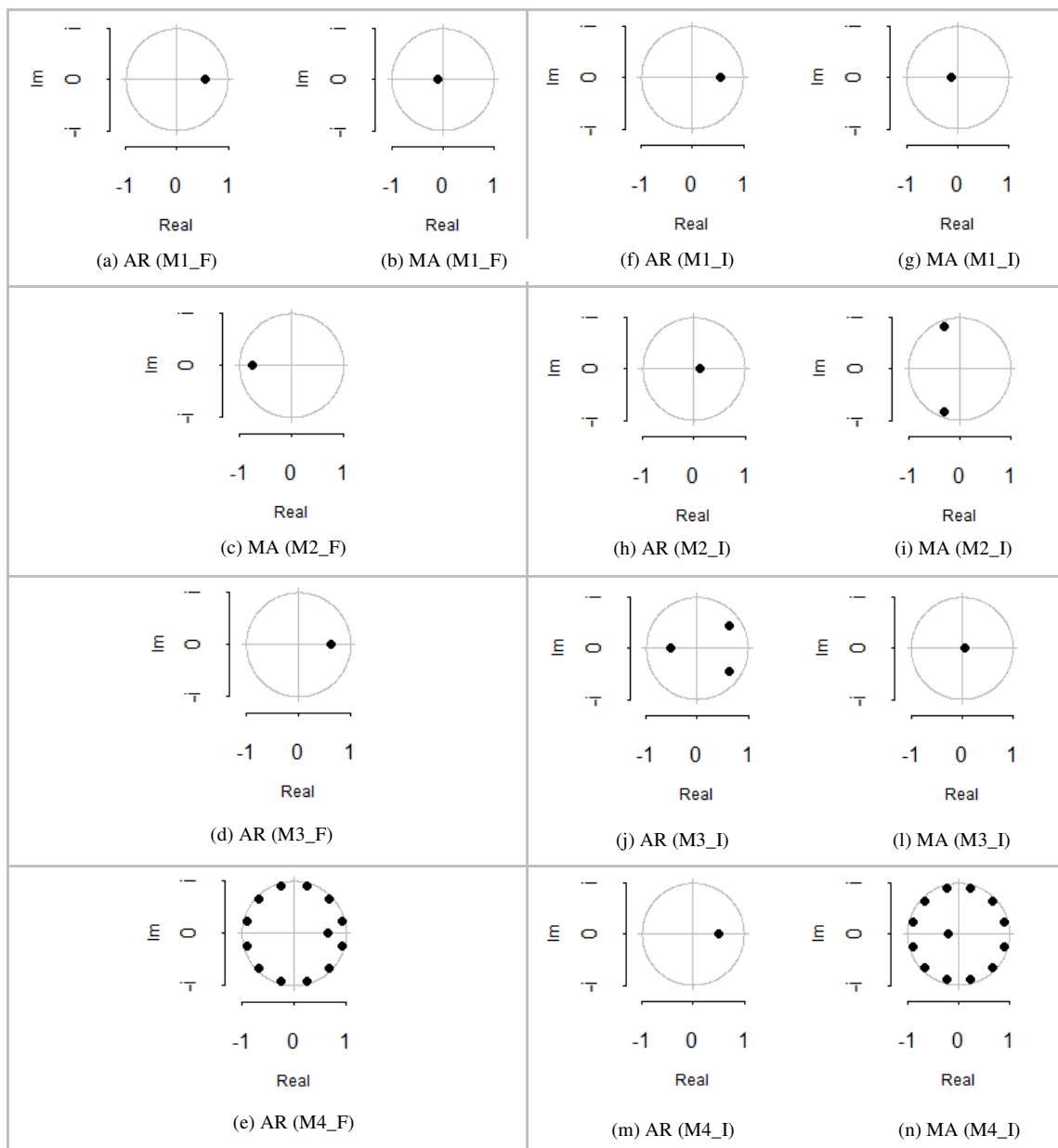


Figura 12 - Raízes inversas dos polinômios característicos dos filtros AR, MA e ARMA.

A maioria dos coeficientes estimados pelos modelos tanto para o mercado de trabalho formal como para o mercado de trabalho informal é estatisticamente significativa como podemos observar na Tabela 4.

Tabela 4 – Significância estatística dos coeficientes estimados nos modelos propostos para os mercados de trabalho formal e informal

Formal					
Modelos	Coeficientes	Estimativa	Erro padrão	Z _{crit}	P(> z)
M1_F	ϕ_1	0,548	0,212	2,587	0,010
	θ_1	0,109	0,238	0,458	0,647
M2_F	θ_1	0,767	0,179	4,294	< 0,01
M3_F	ϕ_1	0,614	0,134	4,59	< 0,01
M4_F	ϕ_1	0,656	0,125	5,237	< 0,01
	Φ_1	-0,504	0,189	-2,67	0,008
Informal					
Modelos	Coeficientes	Estimativa	Erro padrão	Z _{crit}	Pr(> z)
M1_I	ϕ_1	0,557	0,188	2,956	< 0,01
	θ_1	0,125	0,207	0,606	0,544
M2_I	ϕ_1	0,111	0,231	0,479	0,632
	θ_1	0,594	0,164	3,624	< 0,01
	θ_2	0,780	0,146	5,328	< 0,01
M3_I	ϕ_1	0,718	0,335	2,147	0,032
	ϕ_2	-0,311	0,177	-1,762	0,078
	ϕ_3	-0,063	0,322	-0,196	0,844
	θ_1	-0,311	0,177	-1,762	0,078
M4_I	ϕ_1	0,509	0,17	2,996	< 0,01
	θ_1	0,207	0,173	1,195	0,232
	Θ_1	0,404	0,171	2,36	0,018

Como podemos ver nas Figuras 13a, 13b, 13c e 13d para o mercado de trabalho de trabalho formal, o número de trabalhadores estimado pelos modelos propostos parece não diferir muito do número real de trabalhadores. Esse fato pode ser melhor constatado através da Tabela 7A (no Apêndice 1) a qual contém os valores ajustados para todos esses modelos. Os modelos parecem também não divergirem muito entre si, visto que, a estimativa da variância do ruído branco entre eles é próxima.

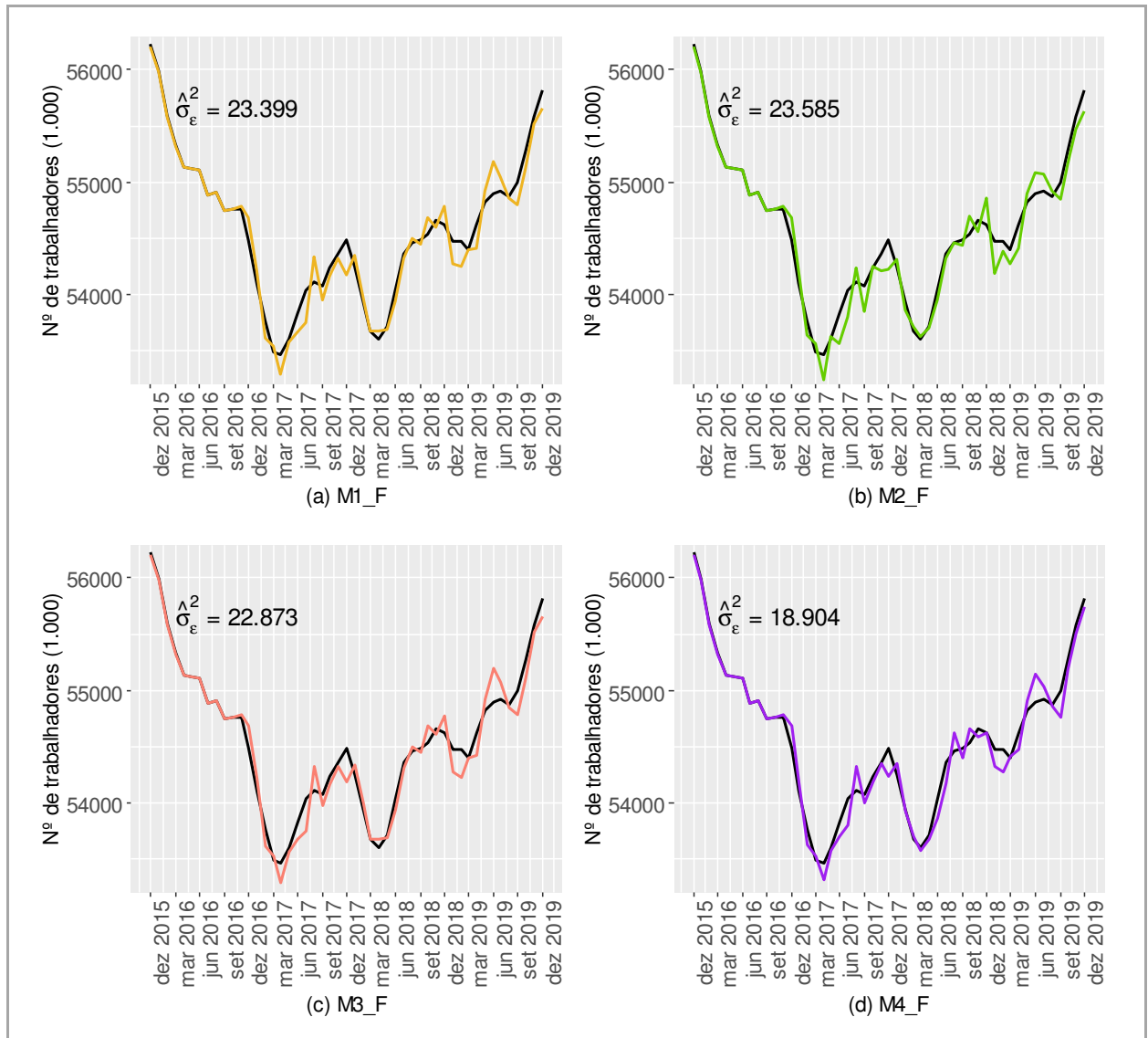


Figura 13 – Modelos estimados para o mercado de trabalho formal.

Para o mercado de trabalho informal as estimativas para o número de trabalhadores parecem também não divergirem demasiadamente do número real de trabalhadores (ver na Figura 14a, 14b, 14c e 14d). Entretanto, as discrepâncias nas estimativas da variância do ruído branco entre os modelos sugerem que eles diferem bastante entre si. A Tabela 8A (Apêndice 1) retorna as estimativas para todos esses modelos.

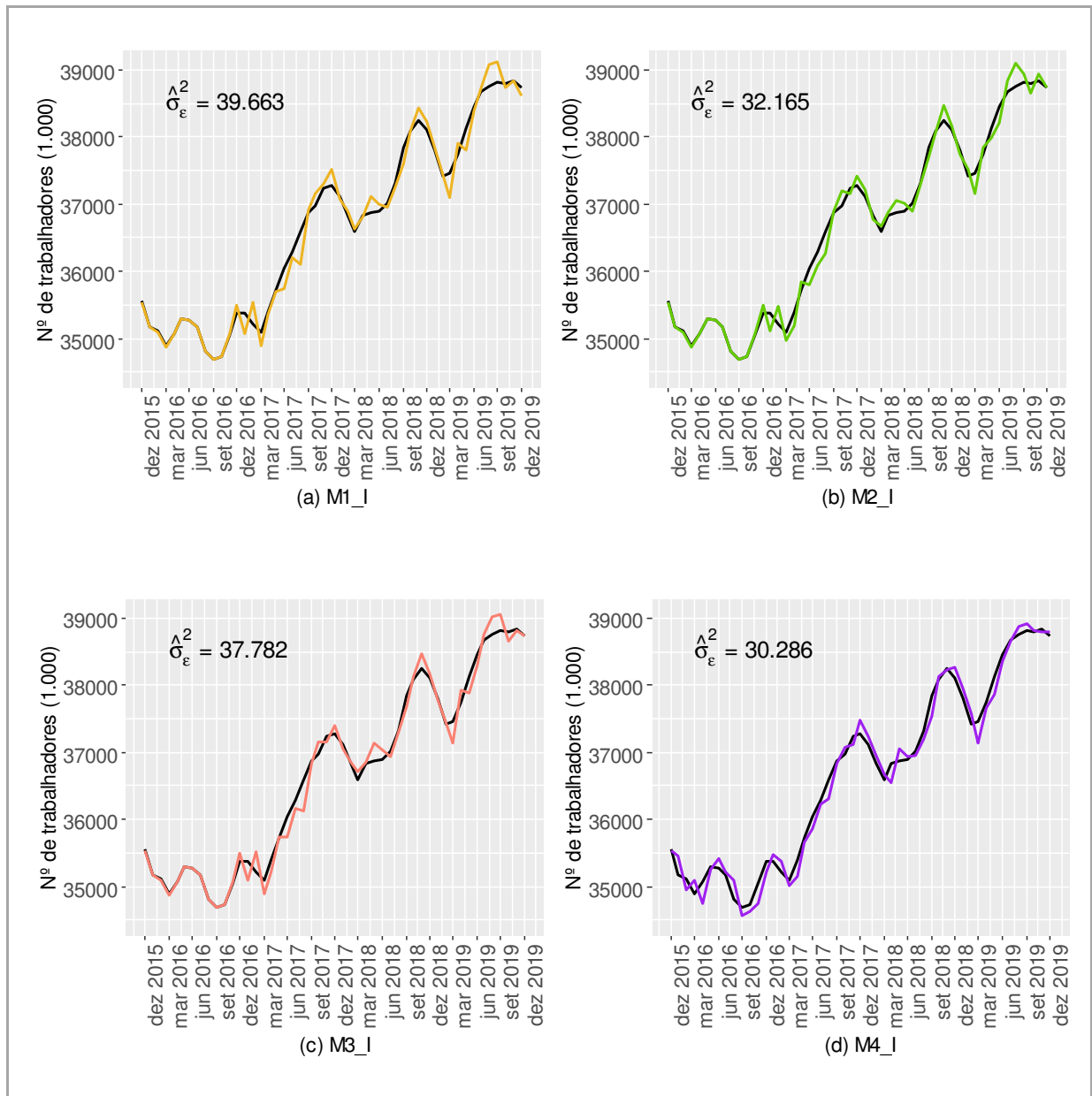


Figura 14 – Modelos estimados para o mercado de trabalho informal.

3.2.3 Análise dos resíduos

Nesta seção verificaremos se os resíduos dos modelos propostos apresentam características de um ruído branco, ou seja, são não autocorrelacionados, normalmente distribuídos e homocedásticos. A violação de algum pelo menos um desses pressupostos indica que o modelo em questão está mal especificado e deve ser reestimado. A verificação dos pressupostos, para cada um dos mercados de trabalho será realizada através de uma análise descritiva e uma análise inferencial.

A análise gráfica do comportamento dos resíduos para os mercados de trabalho formal e informal pode ser obtida através da Figura 15 e da Figura 16, respectivamente.

Para os modelos estimados para o mercado de trabalho formal podemos constatar que:

- os resíduos dos modelos parecem ser não autocorrelacionados, pois a maioria dos coeficientes de correlação pertencem ao intervalo de confiança como podemos ver através dos correlogramas (ver Figuras 15a, 15d, 15g e 15j);
- as distribuições amostrais dos resíduos se aproximam da distribuição Normal de probabilidade, logo, há indícios de que os mesmos sejam normalmente distribuídos (ver Figuras 15b, 15e, 15h e 15l);
- as séries temporais dos resíduos padronizados em todos os modelos sugerem que os mesmos apresentam variabilidade constante, ou seja, estão sob ausência da heterocedasticidade condicional (ver Figuras 15c, 15f, 15i e 15m).

Com relação aos modelos estimados para o mercado de trabalho informal podemos verificar que:

- parece não haver autocorrelação serial entre os resíduos, visto os coeficientes de correlação dos mesmos encontram-se majoritariamente entre os limites de confiança (ver Figuras 16a, 16d, 16g e 16j);
- sugere-se que os resíduos sejam normalmente distribuídos, pois as distribuições empíricas aproximam-se da distribuição Normal de probabilidade (ver Figuras 16b, 16e, 16h e 16l);
- a variabilidade dos resíduos parece constante, logo há sinais que os mesmos estejam sob ausência da heterocedasticidade condicional (ver Figuras 16c, 16f, 16i e 16m).

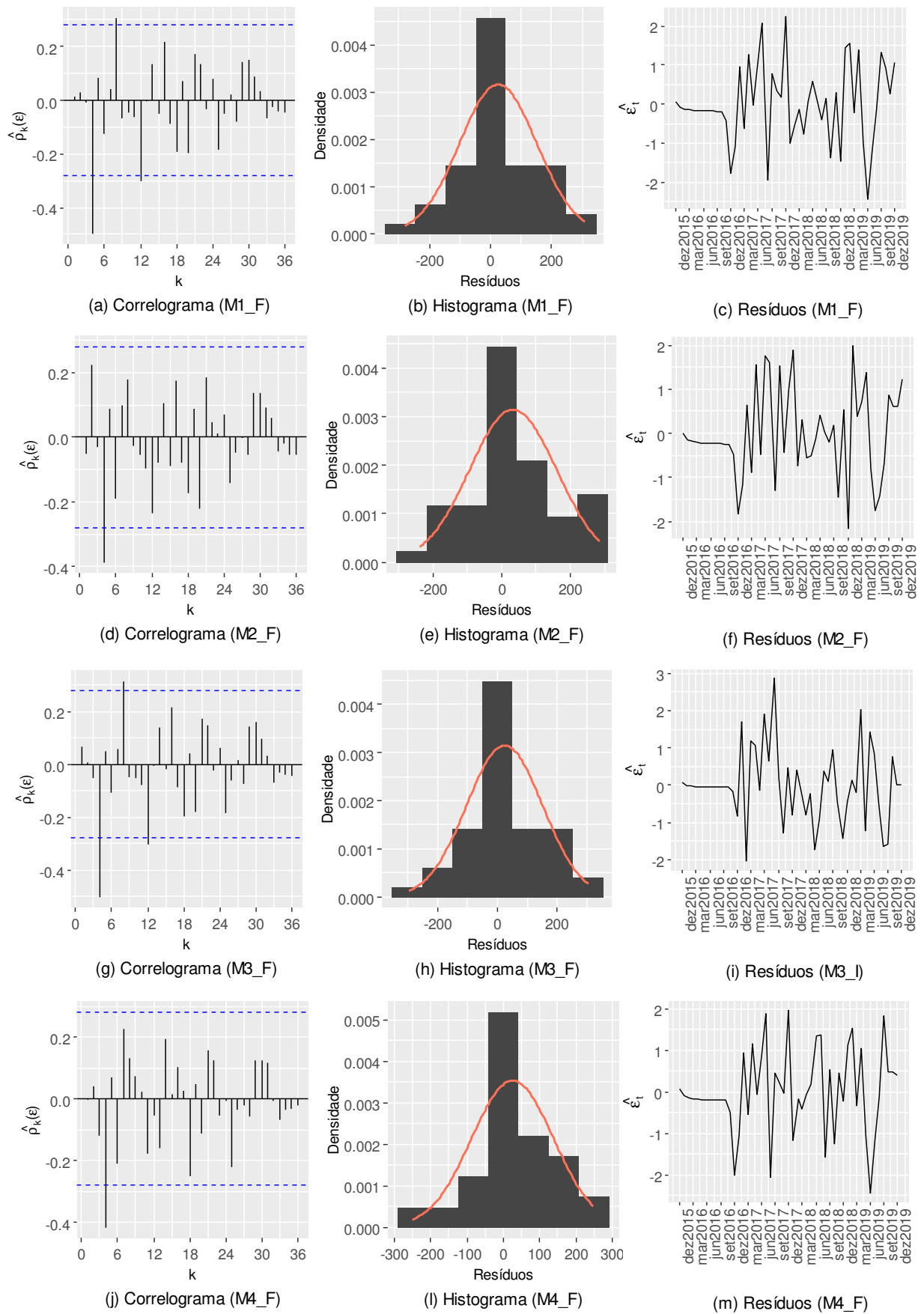


Figura 15 – Análise gráfica dos resíduos segundo o mercado de trabalho formal.

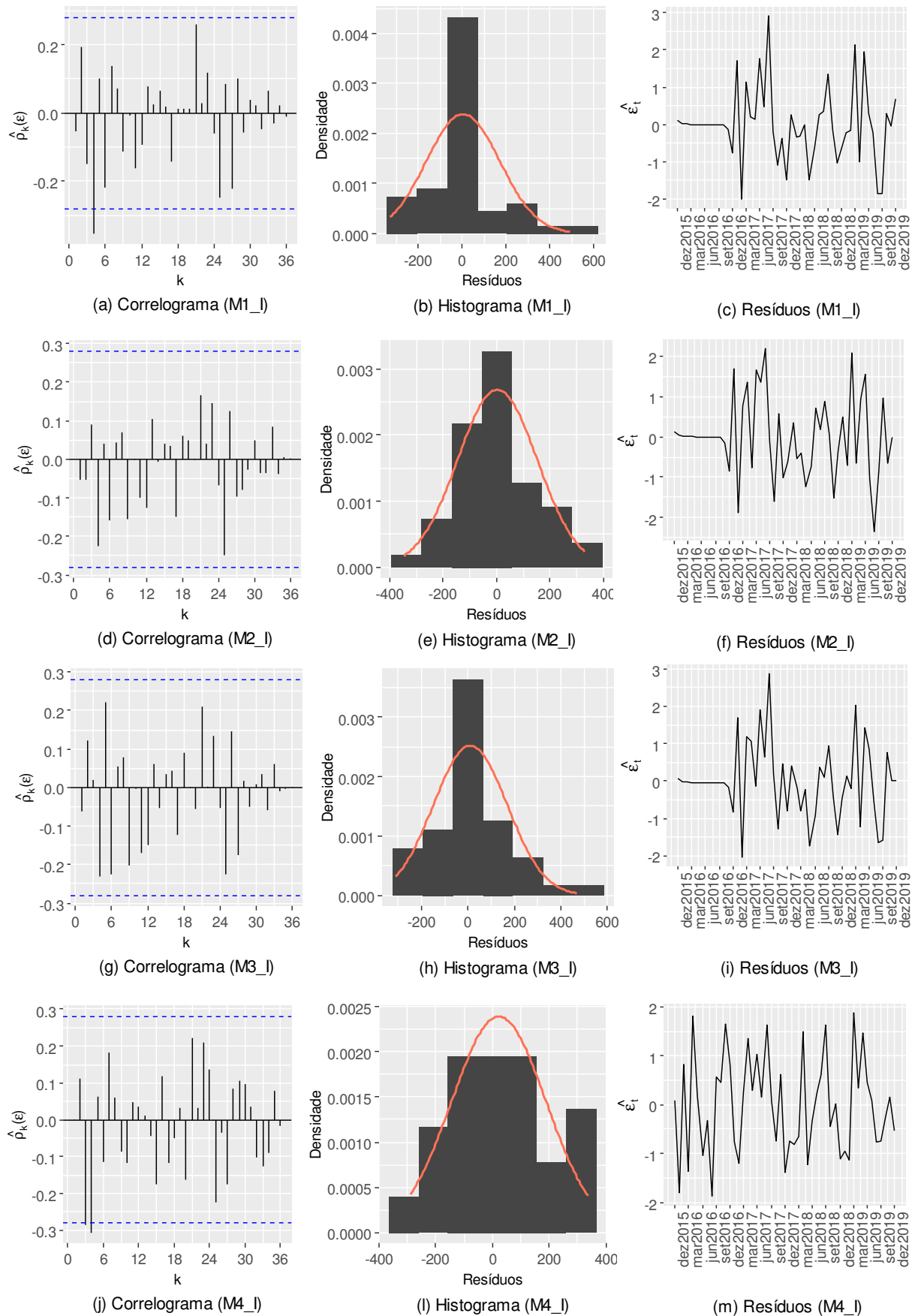


Figura 16 – Análise gráfica dos resíduos segundo o mercado de trabalho informal.

Os resultados dos testes da análise inferencial são mostrados na Tabela 5. Para todos os modelos propostos para os mercados de trabalho formal e informal podemos inferir que:

- (i) Pelos testes de Ljung-Box e Box-Pierce não rejeitamos a hipótese nula de ausência de autocorrelação nos resíduos. Vale lembrar, que estes são testes de hipóteses conjuntos, ou seja, estamos testando se a soma dos k primeiros coeficientes de autocorrelação dos resíduos é nula. Os testes individuais também apontam para a inexistência da autocorrelação serial entre os resíduos. Esse fato pode ser constatado através da avaliação da significância estatística dos coeficientes de autocorrelação apresentados na Tabela 9A (mercado de trabalho formal) e na Tabela 10A (mercado de trabalho informal), ambas no Apêndice 1 deste trabalho;
- (ii) Pelos testes de Jarque-Bera e Shapiro-Wilk não rejeitamos a hipótese nula de normalidade nos resíduos;
- (iii) Pelo teste ARCH-LM não rejeitamos a hipótese nula de ausência de heterocedasticidade condicional dos resíduos (ou efeito ARCH).

Por (i), (ii) e (iii) concluímos que todos os modelos propostos para os mercados de trabalho formal e informal são adequados e logo podem ser submetidos para a próxima etapa que corresponde a seleção de modelos via critérios de informação.

Tabela 5 – Análise inferencial dos resíduos para os modelos estimados (P-valores dos testes)

Formal					
Modelos	Autocorrelação H ₀ : ∄ autocorrelação serial		Normalidade H ₀ : Os resíduos são normalmente distribuídos		Heterocedasticidade H ₀ : ∄ heterocedasticidade condicional
	Ljung-Box	Box-Pierce	Jarque-Bera	Shapiro-Wilk	(ARCH-teste)
M1_F	0,060	0,670	1,000	0,405	0,213
M2_F	0,332	0,930	0,801	0,337	0,300
M3_F	0,065	0,689	0,981	0,391	0,209
M4_F	0,256	0,895	0,873	0,150	0,438
Informal					
Modelos	Autocorrelação H ₀ : ∄ autocorrelação serial		Normalidade H ₀ : Os resíduos são normalmente distribuídos		Heterocedasticidade H ₀ : ∄ heterocedasticidade condicional
	Ljung-Box	Box-Pierce	Jarque-Bera	Shapiro-Wilk	(ARCH-teste)
M1_I	0,407	0,958	0,116	0,004	0,618
M2_I	0,933	0,999	0,912	0,478	0,311
M3_I	0,623	0,985	0,347	0,081	0,218
M4_I	0,063	0,898	0,426	0,179	0,591

3.2.4 Critérios de informação

Nesta subseção realizaremos, por meio dos critérios de informação, a 1ª triagem dos modelos estimados para os mercados de trabalho formal e informal. Como estas medidas são do tipo “quanto maior, pior”, então dos quatro modelos estimados na seção anterior excluiríamos àquele que apresentar o maior valor para o AIC, AICc e BIC, nessa ordem. Os resultados são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Critérios de informação: primeira triagem dos modelos estimados

Formal					
Critérios de informação	M1_F	M2_F	M3_F	M4_F	Eliminação
AIC	466,80	466,60	465,03	462,22	M1_F
AICc	467,55	466,97	465,39	462,97	M1_F
BIC	471,55	469,77	468,19	466,97	M1_F
Informal					
Critérios de informação	M1_I	M2_I	M3_I	M4_I	Eliminação
AIC	487,37	482,26	487,71	639,04	M4_I
AICc	488,12	483,55	489,71	639,97	M4_I
BIC	492,12	488,60	495,63	646,53	M4_I

O modelo M1_F para o mercado de trabalho formal e o M4_I para o mercado de trabalho informal apresentaram os maiores valores para o AIC, o AICc e para o BIC, logo devem ser os modelos eliminados nesta primeira triagem.

Em particular, apesar da estimativa da variância do ruído branco do M1_F no mercado de trabalho formal ser menor do que a apresentada pelo M2_F (23.399 contra 23.585), o primeiro modelo apresenta um número de parâmetros maior que o último (2 contra 1) . Isso significa dizer, que a penalização pela inclusão de um parâmetro a mais no M1_F foi superior a redução na variância estimada do resíduo, implicando valores maiores para os critérios de informação. Já no mercado de trabalho informal apesar do M4_I, dentre todos os modelos, apresentar a menor estimativa para a variância do ruído branco, é o que apresenta o maior número de parâmetros: duas raízes não sazonais e doze raízes sazonais conforme explicitado na Figura 12 da subseção 3.2.2. A penalização devido ao excesso de parâmetros parece coerente. Podemos notar que em ambos os mercados de trabalho todos os critérios convergiram para a eliminação do mesmo modelo.

3.2.5 Qualidade do ajuste

Nesta subseção utilizaremos as medidas de desempenho para avaliar a qualidade do ajuste e, conseqüentemente, realizar a segunda triagem dos modelos propostos para os mercados de trabalho formal e informal.

Pela Tabela 7 podemos notar que os modelos M2_F e M1_I são os modelos que menos se ajustam aos dados nos mercados de trabalho formal e informal, respectivamente e, logo serão os modelos eliminados. Apesar de estarmos utilizando o RMSE, seguidos do MAE e da variância estimada do ruído branco como critério de desempate, podemos notar que, assim como no caso dos critérios de informação estas medidas também convergiram para a eliminação dos mesmos modelos.

Tabela 7 – Qualidade do ajuste: segunda triagem dos modelos estimados

Formal				
Medidas	M2_F	M3_F	M4_F	Eliminação
$\hat{\sigma}_\varepsilon^2$	23.585	22.873	18.904	M2_F
RMSE	129,794	127,82	114,53	
MAE	97,887	93,544	84,192	
MAPE (%)	0,180	0,172	0,155	
Informal				
Medidas	M1_I	M2_I	M3_I	Eliminação
$\hat{\sigma}_\varepsilon^2$	39.663	32.165	37.782	M1_I
RMSE	165,896	147,18	157,079	
MAE	110,332	109,925	110,079	
MAPE (%)	0,298	0,297	0,298	

O MAPE dos modelos que permaneceram na análise, além de baixo, é praticamente o mesmo em cada um dos mercados de trabalho. Através da Tabela 7 podemos constatar que:

- o M3_F e o M4_F não ajustaram bem apenas 0,17% e 0,15% dos dados no mercado de trabalho formal, respectivamente;
- o M2_I e o M3_I não ajustaram bem aproximadamente 0,30% dos dados no mercado de trabalho informal.

3.2.6 Previsão

Como descrito antes, a previsão do número de trabalhadores formais e informais para o ano de 2020 ($h = 12$) será desenvolvida em duas etapas denominadas Previsão I e Previsão II. Na Previsão I selecionaremos o modelo com a melhor capacidade preditiva (modelo final) – os valores reais serão confrontados com os valores previstos considerando-se o período de janeiro até abril ($h = 4$) – e na Previsão II utilizaremos o modelo selecionado para realizarmos, de fato, a previsão do número de trabalhadores formais e informais no horizonte de tempo restante, ou seja, no período de maio até dezembro ($h = 8$).

3.2.6.1 Previsão I

O número de trabalhadores formais e informais bem como as previsões para o período de janeiro até abril ($h = 4$) dos modelos selecionados para os mercados de trabalho formal e informal (M3_F e M4_F para o formal e M2_I e M3_I para o informal) são mostrados nas Figuras 17a e 17b.

A redução do número de trabalhadores formais e informais que já vinha sendo observada desde janeiro intensificou-se nos meses de março e abril devido a pandemia do COVID-19. Apesar disso, podemos notar que, nos meses de janeiro e fevereiro os modelos M4_F para o mercado de trabalho formal e o modelo M2_I para o mercado de trabalho informal subestimam ou superestimam muito pouco o número de trabalhadores. Gráficamente, o modelo M4_F para o mercado de trabalho formal e o modelo M2_I para o mercado de trabalho informal parecem oferecer os melhores prognósticos para seus respectivos mercados de trabalho.

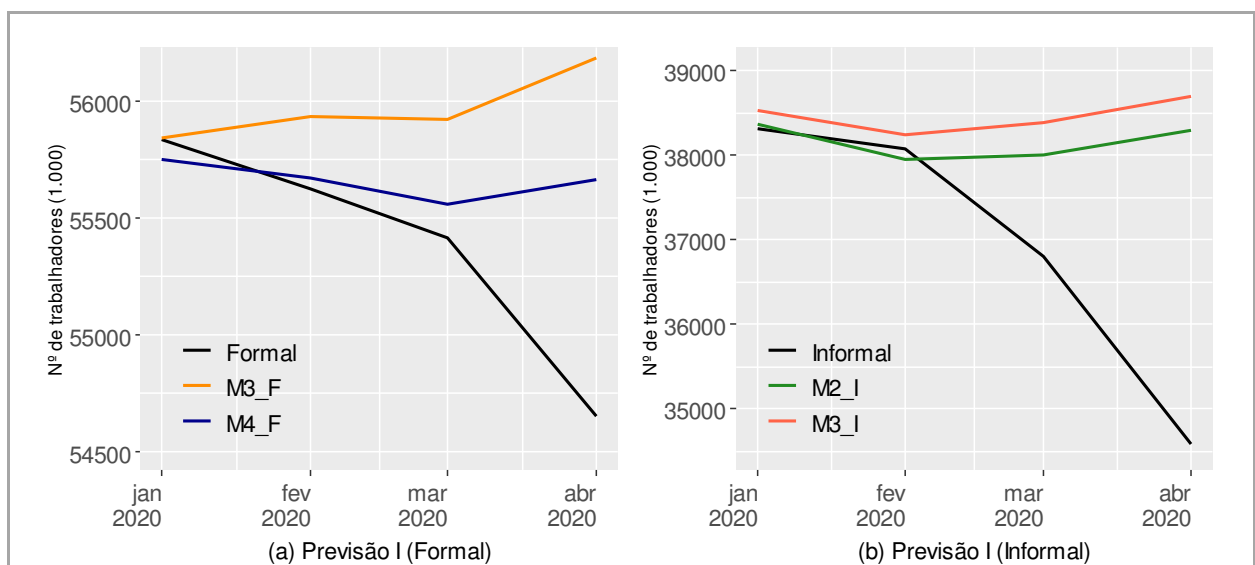


Figura 17 – Previsões (I) para os mercados de trabalho formal e informal.

As informações das Figuras 17a e 17b são apresentadas na Tabela 8. Podemos notar que no mercado de trabalho formal, com exceção para o mês de janeiro, em todos os meses o M4_F e o M2_I foram os modelos com os menores erros de previsão.

Tabela 8 – Número de trabalhadores (reais e previstos) e erros de previsão (em 1.000)

Formal					
Período	Valores reais	Previstos		Erro de previsão	
		M3_F	M4_F	M3_F	M4_F
Janeiro	55.839	55.842,30	55.749,39	3,30	-89,61
Fevereiro	55.627	55.934,67	55.670,66	307,67	43,66
Março	55.416	55.926,16	55.560,36	510,16	144,36
Abril	54.649	56.186,16	55.665,95	1.537,16	1.016,95
Informal					
Período	Valores reais	Previstos		Erro de previsão	
		M2_I	M3_I	M2_I	M3_I
Janeiro	38.312	38.364,10	38.533,17	52,10	221,17
Fevereiro	38.081	37.954,70	38.247,62	-126,30	166,62
Março	36.806	38.008,88	38.379,56	1.202,88	1.573,56
Abril	34.591	38.290,79	38.693,79	3.699,79	4.102,79

Considerando os valores do RMSE, do MAE e do MAPE (Tabela 9), então podemos inferir que o modelo M4_F para o mercado de trabalho formal e o modelo M2_I para o mercado de trabalho informal previram melhor o número de trabalhadores que os seus respectivos concorrentes. Assim, a previsões para o período de maio até dezembro de 2020 (h = 8) serão realizadas com base nesses modelos.

Tabela 9 – Qualidade da previsão: última triagem dos modelos estimados pra os mercados de trabalho formal e informal

Medidas de Desempenho	Formal			Informal		
	M3_F	M4_F	Seleção	M2_I	M3_I	Seleção
RMSE	824,29	515,98	M4_F	1.946,41	2.201,46	M2_I
MAE	589,57	323,64		1.270,27	1.516,04	
MAPE (%)	1,07	0,59		3,61	4,29	

Particularmente, através do MAPE podemos concluir que:

- (i) o M4_F não ajustou bem apenas 0,59% dos dados no mercado de trabalho formal;
- (ii) o M2_I não ajustou bem apenas 3,61% dos dados no mercado de trabalho informal.

3.2.6.2 Previsão II

As previsões (pontual e intervalar) para os modelos M4_F (mercado de trabalho formal) e M2_I (mercado de trabalho informal) considerando o período de janeiro até dezembro de 2020 são mostradas nas Figuras 18a e 18b, respectivamente.

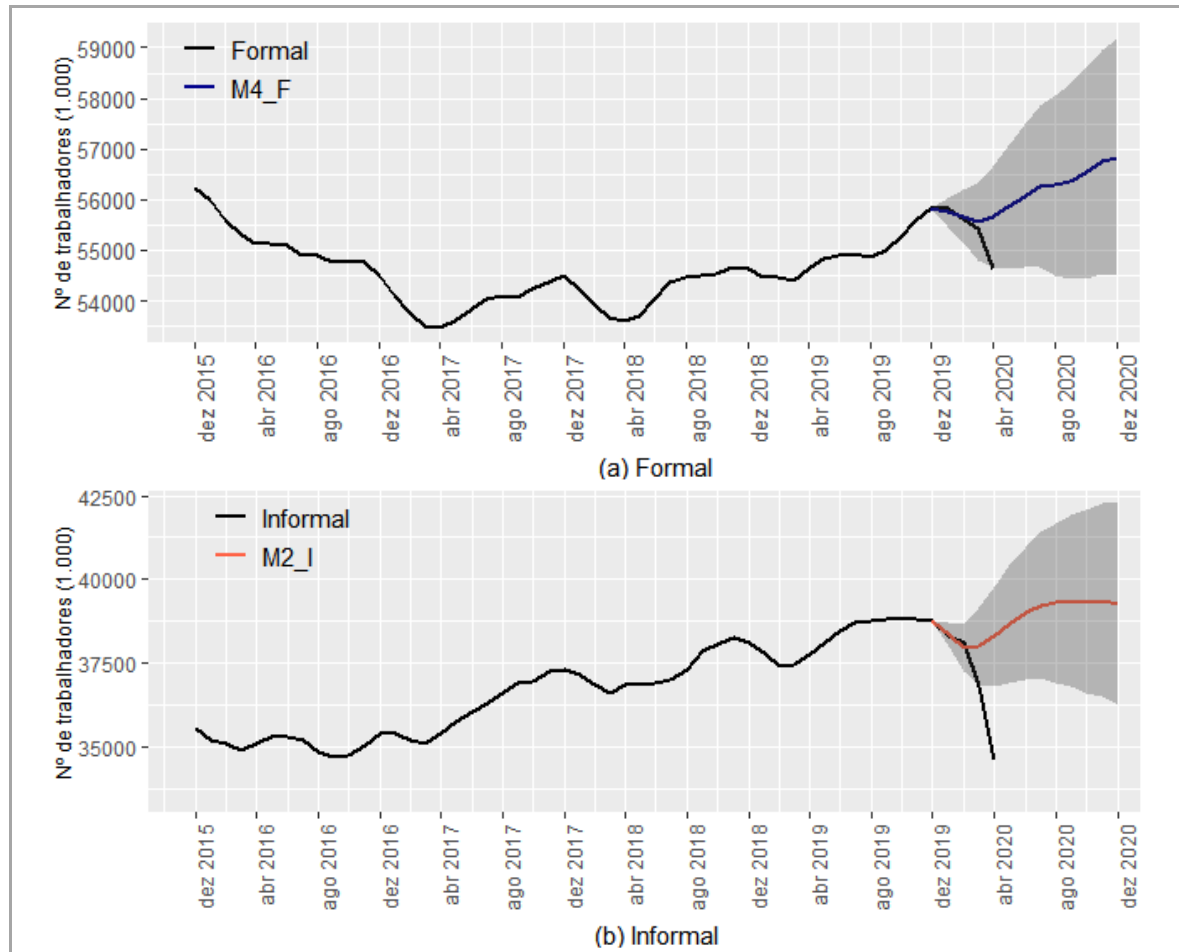


Figura 18 – Previsões para os mercados de trabalho formal e informal.

As informações contidas na Figura 18 são apresentados na Tabela 10. Com relação ao período de janeiro a abril de 2020 (ou seja, período onde o número real de trabalhadores foi comparado com os valores previstos) podemos notar o seguinte:

- (i) Quase todas as previsões pontuais do M4_F encontram-se dentro dos limites de previsão de 95%. No mês de abril o número real de trabalhadores no mercado de trabalho formal (54.649) é um pouco menor que o limite inferior do intervalo de previsão (54.668);
- (ii) Com exceção do mês de abril, todas as previsões pontuais encontram-se dentro do intervalo de previsão segundo o M2_I para o mercado de trabalho informal. A perda estimada no mercado de trabalho informal para o mês de abril foi de 3.700 milhões postos de trabalho.

Tabela 10 – Previsões para os mercados de trabalho formal e informal (em 1.000)

Mês	h	Formal		Informal	
		Previsão	Intervalo de Previsão	Previsão	Intervalo de Previsão
Janeiro	h = 1	55.749,39	[55.479,91 ; 56.018,87]	38.364,10	[38.012,59 ; 38.715,62]
Fevereiro	h = 2	55.670,66	[55.149,31 ; 56.192,01]	37.954,70	[37.260,00 ; 38.649,40]
Março	h = 3	55.560,36	[54.793,53 ; 56.327,19]	38.008,88	[36.871,18 ; 39.146,59]
Abril	h = 4	55.665,95	[54.668,12 ; 56.663,78]	38.290,79	[36.818,55 ; 39.763,03]
Maio	h = 5	55.848,54	[54.636,28 ; 57.060,80]	38.668,78	[36.923,06 ; 40.414,50]
Junho	h = 6	56.064,78	[54.654,20 ; 57.475,35]	38.986,78	[37.004,77 ; 40.968,79]
Julho	h = 7	56.246,91	[54.652,76 ; 57.841,07]	39.225,78	[37.032,78 ; 41.418,78]
Agosto	h = 8	56.280,62	[54.515,94 ; 58.045,31]	39.304,78	[36.919,37 ; 41.690,19]
Setembro	h = 9	56.360,59	[54.436,79 ; 58.284,38]	39.348,78	[36.785,37 ; 41.912,19]
Outubro	h = 10	56.522,14	[54.449,16 ; 58.595,11]	39.333,78	[36.603,95 ; 42.063,61]
Novembro	h = 11	56.742,30	[54.528,78 ; 58.955,81]	39.375,78	[36.489,10 ; 42.262,46]
Dezembro	h = 12	56.839,54	[54.493,02 ; 59.186,05]	39.277,78	[36.242,35 ; 42.313,21]

Como estamos atravessando o período da pandemia do COVID-19 no Brasil convém destacarmos os resultados referentes ao limite inferior dos intervalos de previsão em detrimento às previsões pontuais. Numa breve análise sobre alguns dados da Tabela 10 temos o seguinte:

(1) Estima-se que o número de trabalhadores previstos no mercado de trabalho formal não seja inferior a 54.654, 54.437 e 54.493 milhões de trabalhadores nos meses de junho, setembro e dezembro, respectivamente. As previsões pontuais para estes períodos correspondem à 56.065, 56.361 e 56.840 milhões de trabalhadores;

(2) Estima-se que o número de trabalhadores previstos no mercado de trabalho informal seja de, no mínimo, 37.005, 36.785 e 36.242 milhões de trabalhadores nos meses de junho, setembro e outubro, respectivamente. As previsões pontuais indicam que neste mesmo período o número de trabalhadores neste mercado seja de 38.987, 39.349, 39.278 milhões.

Apesar do crescimento previsto em ambos os mercados estima-se a variação interanual do mercado de trabalho formal seja superior à do informal. Esse fato também é ser percebido através da Figura 19 onde podemos notar uma inclinação maior da série temporal com as previsões para o mercado de trabalho formal.

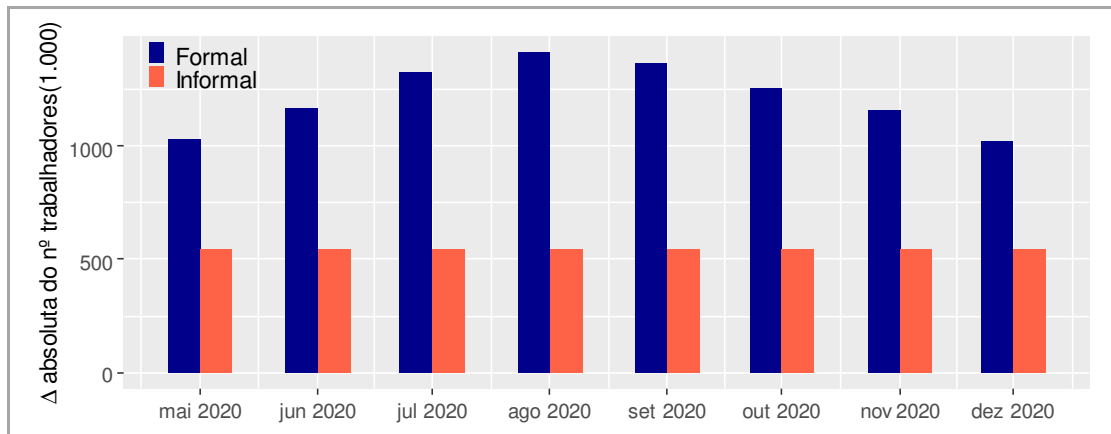


Figura 19 – Variação interanual estimada para os mercados de trabalho formal e informal.

Apesar da previsão para o número de trabalhadores informais apresentar um crescimento lento, a proporção estimada desses trabalhadores sobre a população ocupada continuará elevada como podemos ver na Figura 20. Estima-se que a proporção dos trabalhadores formais e informais sobre a população ocupada seja de 41% e 59%, respectivamente, em dezembro de 2020, como podemos ver na Tabela 11.

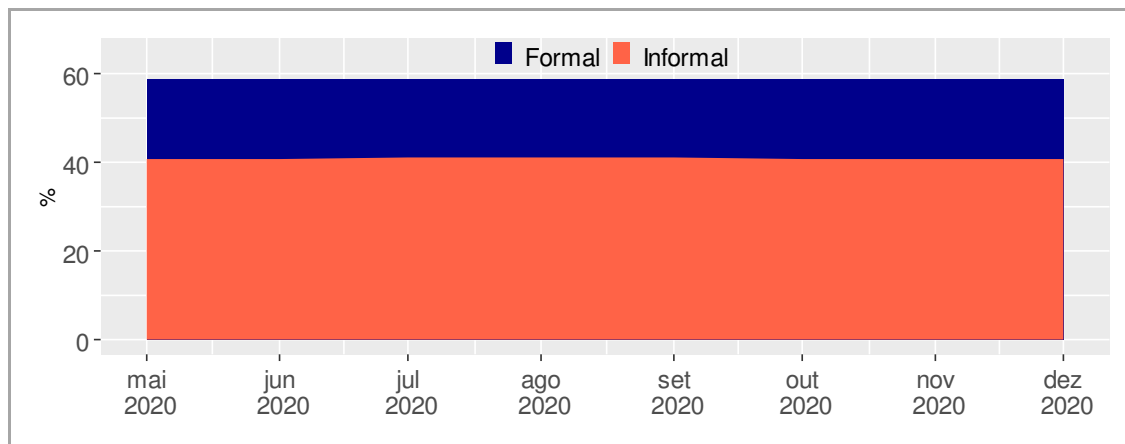


Figura 20 – Proporção estimada dos mercados de trabalho formal e informal sobre a população ocupada.

Tabela 11 – Proporção estimada dos mercados de trabalho formal e informal sobre a população ocupada

Mercado de trabalho	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Formal	0,591	0,590	0,589	0,589	0,589	0,590	0,590	0,591
Informal	0,409	0,410	0,411	0,411	0,411	0,410	0,410	0,410

4 Conclusões

Neste trabalho foram realizadas previsões para o número de trabalhadores nos mercados de trabalho formal e informal no Brasil para o período de janeiro a dezembro de 2020. A proposta foi avaliar o prognóstico desses mercados num ambiente regido por uma recente Reforma Trabalhista cujas relações de trabalho são caracterizadas pela ampla utilização de tecnologias, impulsionando o trabalho autônomo em condições precárias; a esse fenômeno dá-se o nome de “uberização” do trabalho.

Na análise descritiva, desenvolvida considerando-se o período de dezembro/2015 até dezembro/2019, foi constatado que atualmente cerca de 80% do mercado de trabalho formal é composto por trabalhadores com carteira assinada e empregados públicos e aproximadamente 80% do mercado de trabalho informal é formado por trabalhadores na categoria conta própria e empregados sem carteira. Verificou-se que nesse período houve um aumento de 1.328 milhões de trabalhadores no mercado de trabalho formal contra 3.352 milhões no mercado de trabalho informal (valor 2,52 maior). Enquanto a média anual do número de trabalhadores no mercado de trabalho formal apresentou uma inflexão (queda até meados de 2017 e crescimento a partir daí), no mercado de trabalho informal houve um crescimento contínuo na maior parte do período analisado. A variabilidade foi maior para este último mercado. Por fim, foram notados indícios das componentes de tendência e sazonalidade em ambas as séries temporais.

Na análise de Box e Jenkins no período de dezembro/2015 a dezembro/2019 foram desenvolvidas as etapas da identificação, estimação, análise dos resíduos, aplicação dos critérios de informação e verificação da acurácia dos modelos propostos. Para o período de janeiro/2020 a dezembro/2020 foram realizadas previsões para os mercados de trabalho formal e informal.

Desde a etapa da identificação até a análise dos resíduos (processo iterativo) foram selecionados quatro modelos para cada um dos mercados. Nas etapas seguintes foram realizadas as seguintes triagens: primeiro, eliminou-se o modelo com o maior AIC, AICc e BIC; em seguida eliminou-se aquele com a menor precisão. Para a escolha do modelo final levou-se em conta o desempenho preditivo do modelo

Após essas etapas, foi constatado que o modelo SARIMA (1,1,0) x (1,1,0) e o modelo SARIMA (1,1,2) x (0,1,0) apresentaram os melhores desempenhos preditivos (menores valores

para o RMSE, MAE e MAPE) para os mercados de trabalho formal e informal, respectivamente, tendo sido os modelos eleitos para a realização da previsão no período de maio até dezembro de 2020.

Com base nos modelos selecionados, estima-se que o número de trabalhadores seja de 56.065, 56.361 e 56.840 milhões no mercado de trabalho formal e 38.987, 39.349 e 39.278 no mercado de trabalho informal, nos trimestres encerrados em junho, setembro e dezembro de 2020, respectivamente. Levando-se em conta que estamos atravessando o período da pandemia, convém destacarmos os valores mínimos previstos (limite inferior de previsão) em ambos os mercados nesses trimestres. Estima-se que o número de trabalhadores seja de, no mínimo, 54.654, 54.437 e 54.493 milhões no mercado de trabalho formal e 37.005, 36.785 e 36.242 milhões no mercado de trabalho informal.

Ainda com base nas previsões estima-se que, embora haja uma variação interanual positiva em ambos os mercados de trabalho, o mercado de trabalho formal apresentará uma variação maior. Entretanto, esse fato praticamente não alterará a configuração da participação desses mercados na população ocupada: estima-se que os mercados de trabalho formal e informal correspondam, respectivamente a 59% e 41% da população ocupada em dezembro de 2020, ou seja, praticamente os mesmos percentuais que os apontados em dezembro de 2015 (61% para o mercado de trabalho formal contra 39% para o mercado de trabalho informal).

A importância da análise da previsão para os mercados de trabalho (além da previsão em si) reside no fato de entendermos se as políticas trabalhistas adotadas no passado terão repercussão no futuro. Com efeito, foi possível concluir que, ainda que a Reforma Trabalhista tenha contribuído (e/ou esteja contribuindo) para a criação de postos de trabalho no mercado de trabalho formal, seu efeito foi inócuo sobre o mercado informal. Estima-se que o contingente de trabalhadores no mercado informal (ou seja, desprovidos de um aparato trabalhista legal) continue tão elevado quanto no período que antecedeu a reforma.

Referências

ARAÚJO, A. C. *Avanços recentes na política de combate a informalidade do trabalho assalariado no Brasil: ações da Secretaria de Inspeção do Trabalho*. Boletim Mercado de Trabalho – Conjuntura e Análise n° 65, Brasília, outubro, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9822/1/bmt_65.pdf>.

BRASIL. Lei n° 5.452, de 1° de maio de 1943. Aprova a consolidação das Leis do Trabalho. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm>.

_____. Lei n° 9.601, de 3 de janeiro de 1974. Dispõe sobre o trabalho temporário nas empresas urbanas e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6019.htm>.

_____. Lei n° 13.467, de 13 de julho de 2017. Altera a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-lei, de 1° de maio de 1943, e as Leis n°s 6.019, de 3 de janeiro de 1974, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 8.212, de 24 de julho de 1991, a fim de adequar a legislação às novas relações de trabalho. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13467.htm>.

_____. Medida Provisória n° 6.019, de 3 de janeiro de 1974. Dispõe sobre o Trabalho Temporário nas Empresas Urbanas, e dá outras Providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6019compilado.htm>.

_____. Medida Provisória n° 1.709, de 6 de agosto de 1998. Dispõe sobre o trabalho a tempo parcial, faculta a extensão do benefício do Programa de Alimentação do Trabalhador - PAT ao trabalhador dispensado e altera dispositivo da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/antigas/1709-1.htm>.

_____. Medida Provisória n° 2.164-41, de 24 de agosto de 2001. Altera a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, para dispor sobre o trabalho a tempo parcial, a suspensão do contrato de trabalho e o programa de qualificação profissional, modifica as Leis n°s 4.923, de 23 de dezembro de 1965, 5.889, de 8 de junho de 1973, 6.321, de 14 de abril de 1976, 6.494, de 7 de dezembro de 1977, 7.998, de 11 de janeiro de 1990, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 9.601, de 21 de janeiro de 1998, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2164-41.htm>.

_____. Medida Provisória n° 905, de 11 de novembro de 2019. Institui o Contrato de Trabalho Verde e Amarelo, altera a legislação trabalhista, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/Mpv/mpv905.htm>.

_____. Medida Provisória nº 936, de 1º de abril de 2020. Institui o Programa Emergencial de Manutenção do Emprego e da Renda e dispõe sobre medidas trabalhistas complementares para enfrentamento do estado de calamidade pública reconhecido pelo Decreto Legislativo nº 6, de 20 de março de 2020, e da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus (**covid-19**), de que trata a Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/mpv/mpv936.htm>.

_____. *Portal do Empreendedor*. Disponível em: <<http://www.portaldoempreendedor.gov.br>>.

BOX, G.E.; JENKINS, G. *Time series analysis: forecast and control*. John Wiley Sons, 1970.

BUENO, R. L. S. *Econometria de séries temporais*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

CORSEIUL et al. (Org.). *Critérios de classificação para a ocupação informal: consequências para a caracterização para o setor informal e para análise de bem-estar no Brasil*. IPEA. Texto para Discussão, n. 1879, Brasília, junho, 2013.

COWPERTWAIT, P.S; METCALFE, A.V. *Introductory time series with R*. New York: Springer, 2009.

CRYER, J.D; CHAN, K. *Time Series Analysis with applications in R*, 2. ed. New York: Springer, 2008.

EHLERS, R.S. *Análise de Séries Temporais*. Departamento de Estatística, UFPR. Disponível em <<http://leg.est.ufpr.br/~ehlers/notas>> Curitiba, 2007.

ENDERS, W. *Applied Econometric Time Series*. 2. ed. New Jersey: Wiley, 2004.

FERREIRA, P. G. C et al. (Org). *Análise de Séries Temporais em R: um curso introdutório*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: FGV IBRE, 2018.

FREDO, C. E. MARGARIDO, M. Modelando a sazonalidade e o processo gerador da série de tempo do emprego rural no estado de São Paulo. *Revista de Economia e Agronegócio*, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 367-394, jun. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/rea/article/view/7461>>

FURTADO, J. H. Estudo do emprego formal por setor da atividade econômica na região Sul do Brasil de 2003 a 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8396/FURTADO,%20JULIANA%20HAETINGER.pdf?sequence=1>>

GRANGER, C.; Newbold, P. *Forecasting Economic Time Series*, 2. ed. New York: Academic Press Inc., 1986.

GREENE, W.H. *Econometric Analysis*. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River, 2003.

GUJARATI, D.N. *Econometria Básica*. 3. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2000.

HYNDMAN, R. J. et al. *forecast: Forecasting Functions for Time Series and Linear Models*. 2020 R package version 8.12 Disponível em: <<https://cran.r-project.org/package=forecast/index.html>>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. Banco de dados SIDRA*. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadcm>>.

____ – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua*. Notas técnicas. versão 1.6, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Diretoria de Pesquisas. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101674_notas_tecnicas.pdf>

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA. *Boletim Mercado de Trabalho – Conjuntura e Análise n° 65*. Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/mercadodetrabalho/181031_bmt_65.pdf>.

____ – *Boletim Mercado de Trabalho - Conjuntura e Análise n° 66*. Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/mercadodetrabalho/190821_bmt_66.pdf>.

____ – *Boletim Mercado de Trabalho - Conjuntura e Análise n° 67*. Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/mercadodetrabalho/191101_bmt_67.pdf>.

KLEIBER, C.; ZEILEIS, A. *Applied econometrics with R*. New York: Springer Science & Business Media, 2008.

KREIN, J. D; GIMENEZ, D. M.; SANTOS, Anselmo L. *Dimensões críticas da reforma trabalhista*. Campinas: Ed. Curt Nimuendajú, 2018.

KREIN, J. D. et al.; *Reforma Trabalhista: promessas e realidade*. Campinas: Ed. Curt Nimuendajú, 2019.

MEDEIROS JUNIOR, H. Previsão e planejamento: antecipando a tendência do emprego formal na cidade do Rio de Janeiro em 2010. *Coleção de Estudos Cariocas*, Rio de Janeiro, n.10, abr. 2010. Disponível em: <http://portalgeo.rio.rj.gov.br/estudoscariocas/download/2539_Emprego%20formal%20na%20Cidade%20do%20Rio%20de%20Janeiro%20em%202010.pdf>

MONTGOMERY, D. C. JENNINGS, C. L.; KULAHCI, M. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. 2. ed. New Jersey e Canadá: Wiley, 2015.

MORETTIN, P. A. TOLOI, C.M. *Análise de Séries Temporais*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2006.

PFAFF, B. *Analysis of integrated and cointegrated times series with R*. New York: Springer-Verlag New York Inc., 2008.

PINDYCK, R.S. RUBINFELD, D.L. *Econometric models and economic forecast*. V.4. Boston: Irwin/McGraw-Hill, 1998.

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Áustria, 2019. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>.

SILVEIRA, D.; ALVAENGA, D.; *Trabalho informal avança para 41,3% da população ocupada e atinge nível recorde, diz IBGE*. G1. Brasil, 30/08/2019 12h07. Economia. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/08/30/trabalho-informal-avanca-para-413percent-da-populacao-ocupada-e-atinge-nivel-recorde-diz-ibge.ghtml>>.

VASCONCELLOS, M. A. S.; ALVES, D . (Coord.). *Manual de Econometria: nível intermediário*. S. Paulo: Atlas, 2000.

WICKHAM, H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016. ISBN 978-3-319-24277-4. Disponível em: <<https://ggplot2.tidyverse.org>>

Apêndice 1 – Tabelas adicionais

Tabela 1A – Número de trabalhadores nos mercados de trabalho formal e informal (em 1.000)

Formal												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2015												56.234
2016	55.990	55.597	55.330	55.136	55.120	55.108	54.889	54.915	54.751	54.758	54.756	54.488
2017	54.098	53.762	53.490	53.473	53.598	53.822	54.037	54.112	54.075	54.233	54.369	54.491
2018	54.248	53.938	53.682	53.603	53.719	54.041	54.359	54.468	54.492	54.541	54.662	54.622
2019	54.480	54.469	54.397	54.618	54.821	54.899	54.923	54.867	54.995	55.265	55.582	55.816
Informal												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2015												35.566
2016	35.176	35.106	34.886	35.078	35.306	35.271	35.182	34.814	34.682	34.729	35.058	35.383
2017	35.370	35.207	35.090	35.400	35.726	36.050	36.282	36.597	36.877	36.970	37.242	37.280
2018	37.125	36.834	36.590	36.826	36.867	36.901	37.007	37.322	37.841	38.077	38.255	38.114
2019	37.813	37.411	37.466	37.748	38.126	38.444	38.683	38.762	38.806	38.791	38.833	38.735

Tabela 2A – Mercado de trabalho formal: séries em nível, com uma diferenciação simples, com uma diferenciação sazonal e respectivos coeficientes de autocorrelação e significância estatística destes coeficientes

Formal										
Data	k	y_t	$\hat{\rho}_k$	P-valor	Δy_t	$\hat{\rho}_k$	P-valor	$\Delta \Delta_{12} y_t$	$\hat{\rho}_k$	P-valor
dez/15	1	56.234	1	0,000	-	-	-	-	-	-
jan/16	2	55.990	0,849	0,000	-244	1	0,000	-	-	-
fev/16	3	55.597	0,670	0,000	-393	0,684	0,000	-	-	-
mar/16	4	55.330	0,516	0,000	-267	0,296	0,020	-	-	-
abr/16	5	55.136	0,403	0,002	-194	-0,032	0,412	-	-	-
mai/16	6	55.120	0,327	0,011	-16	-0,145	0,158	-	-	-
jun/16	7	55.108	0,251	0,039	-12	-0,020	0,445	-	-	-
jul/16	8	54.889	0,173	0,113	-219	0,033	0,410	-	-	-
ago/16	9	54.915	0,118	0,204	26	0,002	0,494	-	-	-
set/16	10	54.751	0,077	0,295	-164	-0,035	0,404	-	-	-
out/16	11	54.758	0,066	0,322	7	-0,043	0,383	-	-	-
nov/16	12	54.756	0,036	0,401	-2	0,153	0,145	-	-	-
dez/16	13	54.488	-0,028	0,422	-268	0,377	0,005	-	-	-
jan/17	14	54.098	-0,120	0,200	-390	0,445	0,001	-146	1	0,000
fev/17	15	53.762	-0,209	0,072	-336	0,308	0,016	57	0,481	0,002
mar/17	16	53.490	-0,272	0,028	-272	0,092	0,262	-5	0,123	0,230
abr/17	17	53.473	-0,299	0,018	-17	-0,106	0,231	177	-0,233	0,081
mai/17	18	53.598	-0,314	0,014	125	-0,100	0,244	141	-0,493	0,002
jun/17	19	53.822	-0,323	0,012	224	-0,101	0,242	236	-0,217	0,096
jul/17	20	54.037	-0,324	0,012	215	-0,085	0,278	434	-0,043	0,398
ago/17	21	54.112	-0,310	0,015	75	-0,138	0,170	49	0,225	0,089
set/17	22	54.075	-0,276	0,027	-37	-0,216	0,067	127	0,271	0,052
out/17	23	54.233	-0,227	0,056	158	-0,179	0,107	151	0,032	0,424
nov/17	24	54.369	-0,206	0,075	136	-0,028	0,423	138	-0,109	0,257
dez/17	25	54.491	-0,228	0,055	122	0,155	0,141	390	-0,236	0,078
jan/18	26	54.248	-0,296	0,019	-243	0,233	0,053	147	-0,256	0,062
fev/18	27	53.938	-0,348	0,007	-310	0,121	0,201	26	-0,052	0,378
mar/18	28	53.682	-0,363	0,006	-256	-0,036	0,402	16	0,097	0,280
abr/18	29	53.603	-0,336	0,009	-79	-0,130	0,184	-62	0,110	0,255
mai/18	30	53.719	-0,290	0,021	116	-0,149	0,151	-9	0,123	0,230
jun/18	31	54.041	-0,242	0,045	322	-0,086	0,276	98	-0,081	0,313
jul/18	32	54.359	-0,205	0,076	318	-0,031	0,415	103	-0,191	0,126
ago/18	33	54.468	-0,171	0,116	109	-0,104	0,236	34	-0,108	0,258
set/18	34	54.492	-0,124	0,193	24	-0,156	0,140	61	-0,107	0,260
out/18	35	54.541	-0,062	0,332	49	-0,217	0,066	-109	0,121	0,234
nov/18	36	54.662	-0,005	0,486	121	-0,167	0,124	-15	0,111	0,253
dez/18	37	54.622	0,026	0,428	-40	-0,062	0,334	-162	0,003	0,493
jan/19	38	54.480	0,040	0,390	-142	-0,045	0,378	101	-0,100	0,274
fev/19	39	54.469	0,055	0,350	-11	-0,053	0,357	299	-0,219	0,094
mar/19	40	54.397	0,080	0,288	-72	-0,115	0,213	184	-0,103	0,268
abr/19	41	54.618	0,124	0,193	221	-0,136	0,173	300	-0,015	0,464
mai/19	42	54.821	0,147	0,152	203	-0,079	0,292	87	0,076	0,324
jun/19	43	54.899	0,160	0,131	78	-0,055	0,352	-244	0,209	0,105
jul/19	44	54.923	0,157	0,136	24	-0,044	0,380	-294	0,145	0,192
ago/19	45	54.867	0,160	0,131	-56	-0,096	0,253	-165	0,069	0,339
set/19	46	54.995	0,180	0,104	128	-0,147	0,154	104	0,000	0,500
out/19	47	55.265	0,189	0,093	270	-0,139	0,168	221	-0,053	0,375
nov/19	48	55.582	0,169	0,118	317	-0,093	0,260	196	-0,032	0,424
dez/19	49	55.816	0,102	0,238	234	-0,031	0,415	274	-0,046	0,391

Tabela 3A – Mercado de trabalho informal: séries em nível, com uma diferenciação simples, com uma diferenciação sazonal e respectivos coeficientes de autocorrelação e significância estatística destes coeficientes

Informal										
Data	k	y_t	$\hat{\rho}_k$	P-valor	Δy_t	$\hat{\rho}_k$	P-valor	$\Delta\Delta_{12}y_t$	$\hat{\rho}_k$	P-valor
dez/15	1	35.566	1	0,000	-	-	-	-	-	-
jan/16	2	35.176	0,953	0,000	-390	1	0,000	-	-	-
fev/16	3	35.106	0,881	0,000	-70	0,544	0,001	-	-	-
mar/16	4	34.886	0,803	0,000	-220	0,104	0,266	-	-	-
abr/16	5	35.078	0,728	0,000	192	-0,314	0,03	-	-	-
mai/16	6	35.306	0,663	0,000	228	-0,352	0,017	-	-	-
jun/16	7	35.271	0,605	0,000	-35	-0,159	0,17	-	-	-
jul/16	8	35.182	0,551	0,000	-89	-0,091	0,293	-	-	-
ago/16	9	34.814	0,500	0,000	-368	0,051	0,38	-	-	-
set/16	10	34.682	0,453	0,001	-132	-0,055	0,371	-	-	-
out/16	11	34.729	0,410	0,002	47	-0,086	0,303	-	-	-
nov/16	12	35.058	0,366	0,005	329	-0,005	0,488	-	-	-
dez/16	13	35.383	0,310	0,015	325	0,177	0,144	-	-	-
jan/17	14	35.370	0,239	0,047	-13	0,284	0,044	377	1	0,000
fev/17	15	35.207	0,161	0,130	-163	0,062	0,355	-93	0,603	0,000
mar/17	16	35.090	0,086	0,274	-117	-0,116	0,243	103	0,313	0,030
abr/17	17	35.400	0,019	0,447	310	-0,254	0,064	118	-0,041	0,403
mai/17	18	35.726	-0,031	0,414	326	-0,121	0,234	98	-0,232	0,082
jun/17	19	36.050	-0,069	0,315	324	-0,070	0,337	359	-0,114	0,247
jul/17	20	36.282	-0,100	0,242	232	-0,074	0,329	321	-0,102	0,270
ago/17	21	36.597	-0,127	0,187	315	-0,069	0,339	683	0,049	0,384
set/17	22	36.877	-0,146	0,153	280	-0,119	0,238	412	0,032	0,424
out/17	23	36.970	-0,159	0,133	93	0,050	0,382	46	-0,113	0,249
nov/17	24	37.242	-0,180	0,104	272	0,115	0,245	-57	-0,185	0,133
dez/17	25	37.280	-0,212	0,069	38	0,227	0,087	-287	-0,251	0,066
jan/18	26	37.125	-0,253	0,038	-155	0,156	0,175	-142	-0,184	0,135
fev/18	27	36.834	-0,295	0,019	-291	-0,058	0,364	-128	-0,045	0,394
mar/18	28	36.590	-0,331	0,010	-244	-0,123	0,23	-127	0,003	0,493
abr/18	29	36.826	-0,367	0,005	236	-0,147	0,189	-74	0,008	0,481
mai/18	30	36.867	-0,395	0,003	41	0,047	0,389	-285	-0,054	0,373
jun/18	31	36.901	-0,420	0,002	34	0,125	0,227	-290	-0,121	0,234
jul/18	32	37.007	-0,442	0,001	106	0,081	0,313	-126	-0,032	0,424
ago/18	33	37.322	-0,455	0,001	315	-0,038	0,41	0	0,076	0,324
set/18	34	37.841	-0,451	0,001	519	-0,170	0,154	239	0,192	0,125
out/18	35	38.077	-0,429	0,001	236	-0,135	0,209	143	0,305	0,034
nov/18	36	38.255	-0,404	0,002	178	-0,072	0,333	-94	0,199	0,116
dez/18	37	38.114	-0,383	0,004	-141	0,060	0,359	-179	0,081	0,313
jan/19	38	37.813	-0,365	0,005	-301	0,085	0,305	-146	-0,110	0,255
fev/19	39	37.411	-0,346	0,008	-402	0,079	0,318	-111	-0,233	0,081
mar/19	40	37.466	-0,323	0,012	55	-0,003	0,493	299	-0,148	0,187
abr/19	41	37.748	-0,298	0,018	282	-0,053	0,375	46	-0,166	0,160
mai/19	42	38.126	-0,270	0,029	378	-0,058	0,364	337	-0,045	0,394
jun/19	43	38.444	-0,244	0,044	318	-0,052	0,378	284	-0,026	0,438
jul/19	44	38.683	-0,215	0,066	239	-0,029	0,431	133	-0,001	0,498
ago/19	45	38.762	-0,183	0,100	79	-0,004	0,49	-236	-0,032	0,424
set/19	46	38.806	-0,145	0,155	44	0,003	0,493	-475	-0,071	0,335
out/19	47	38.791	-0,101	0,240	-15	0,035	0,417	-251	-0,035	0,417
nov/19	48	38.833	-0,063	0,330	42	0,013	0,469	-136	-0,027	0,436
dez/19	49	38.735	-0,026	0,428	-98	0,030	0,429	43	0,003	0,493

Tabela 4A – Mercado de trabalho formal: coeficiente de autocorrelação e coeficiente de autocorrelação parcial com suas respectivas significâncias da série com diferenciação simples e sazonal

Formal				
k	FAC		FACP	
	$\hat{\rho}_k$	P-valor	$\hat{\phi}_{kk}$	P-valor
1	0,481	0,002	0,481	0,002
2	0,123	0,230	-0,141	0,198
3	-0,233	0,081	-0,308	0,032
4	-0,493	0,002	-0,338	0,021
5	-0,217	0,096	0,280	0,047
6	-0,043	0,398	-0,022	0,449
7	0,225	0,089	0,102	0,271
8	0,271	0,052	-0,094	0,287
9	0,032	0,424	-0,136	0,208
10	-0,109	0,257	-0,052	0,377
11	-0,236	0,078	0,059	0,362
12	-0,256	0,062	-0,150	0,185
13	-0,052	0,378	0,041	0,402
14	0,097	0,280	0,029	0,430
15	0,110	0,255	-0,152	0,181
16	0,123	0,230	0,036	0,414
17	-0,081	0,313	-0,112	0,251
18	-0,191	0,126	-0,107	0,260
19	-0,108	0,258	0,126	0,225
20	-0,107	0,260	-0,092	0,291
21	0,121	0,234	0,022	0,446
22	0,111	0,253	-0,113	0,250
23	0,003	0,493	-0,108	0,258
24	-0,100	0,274	-0,203	0,112
25	-0,219	0,094	0,117	0,242
26	-0,103	0,268	-0,023	0,445
27	-0,015	0,464	-0,120	0,236
28	0,076	0,324	-0,093	0,288
29	0,209	0,105	0,114	0,246
30	0,145	0,192	-0,025	0,440
31	0,069	0,339	0,072	0,333
32	0,000	0,500	-0,045	0,394
33	-0,053	0,375	0,023	0,444
34	-0,032	0,424	-0,014	0,467
35	-0,046	0,391	-0,137	0,206

Tabela 5A – Mercado de trabalho informal: coeficiente de autocorrelação e coeficiente de autocorrelação parcial com suas respectivas significâncias da série com diferenciação simples

Informal				
k	FAC		FACP	
	$\hat{\rho}_k$	P-valor	$\hat{\Phi}_{kk}$	P-valor
1	0,544	0,001	0,544	0,000
2	0,104	0,266	-0,272	0,030
3	-0,314	0,030	-0,364	0,006
4	-0,352	0,017	0,061	0,336
5	-0,159	0,170	0,106	0,231
6	-0,091	0,293	-0,302	0,018
7	0,051	0,380	0,129	0,186
8	-0,055	0,371	-0,180	0,106
9	-0,086	0,303	-0,112	0,219
10	-0,005	0,488	0,235	0,052
11	0,177	0,144	0,169	0,121
12	0,284	0,044	-0,145	0,158
13	0,062	0,355	-0,193	0,091
14	-0,116	0,243	0,134	0,177
15	-0,254	0,064	-0,052	0,359
16	-0,121	0,234	0,057	0,346
17	-0,070	0,337	-0,208	0,075
18	-0,074	0,329	-0,211	0,072
19	-0,069	0,339	0,071	0,311
20	-0,119	0,238	0,022	0,439
21	0,050	0,382	0,107	0,229
22	0,115	0,245	-0,106	0,231
23	0,227	0,087	-0,094	0,257
24	0,156	0,175	0,061	0,336
25	-0,058	0,364	0,024	0,434
26	-0,123	0,230	0,069	0,316
27	-0,147	0,189	-0,053	0,357
28	0,047	0,389	-0,030	0,418
29	0,125	0,227	0,160	0,134
30	0,081	0,313	-0,005	0,486
31	-0,038	0,410	-0,134	0,177
32	-0,170	0,154	-0,110	0,223
33	-0,135	0,209	-0,106	0,231
34	-0,072	0,333	0,016	0,456
35	0,060	0,359	0,088	0,271
36	0,085	0,305	-0,042	0,386
37	0,079	0,318	-0,078	0,294
38	-0,003	0,493	-0,094	0,257
39	-0,053	0,375	0,070	0,314
40	-0,058	0,364	-0,065	0,326
41	-0,052	0,378	0,033	0,410
42	-0,029	0,431	-0,110	0,223
43	-0,004	0,490	0,106	0,231
44	0,003	0,493	-0,025	0,431
45	0,035	0,417	-0,004	0,489
46	0,013	0,469	0,006	0,483
47	0,030	0,429	-0,054	0,354

Tabela 6A – Mercado de trabalho informal: coeficiente de autocorrelação e coeficiente de autocorrelação parcial com suas respectivas significâncias da série com diferenciação simples e sazonal

Informal				
k	FAC		FACP	
	$\hat{\rho}_k$	P-valor	$\hat{\Phi}_{kk}$	P-valor
1	0,603	0,000	0,603	0,000
2	0,313	0,030	-0,080	0,316
3	-0,041	0,403	-0,311	0,031
4	-0,232	0,082	-0,100	0,274
5	-0,114	0,247	0,296	0,038
6	-0,102	0,270	-0,167	0,158
7	0,049	0,384	0,049	0,386
8	0,032	0,424	-0,053	0,375
9	-0,113	0,249	-0,230	0,084
10	-0,185	0,133	-0,054	0,374
11	-0,251	0,066	0,067	0,344
12	-0,184	0,135	-0,090	0,295
13	-0,045	0,394	0,047	0,390
14	0,003	0,493	-0,062	0,354
15	0,008	0,481	-0,162	0,165
16	-0,054	0,373	0,002	0,495
17	-0,121	0,234	0,006	0,486
18	-0,032	0,424	0,091	0,292
19	0,076	0,324	0,107	0,261
20	0,192	0,125	-0,021	0,449
21	0,305	0,034	0,119	0,238
22	0,199	0,116	-0,068	0,341
23	0,081	0,313	-0,089	0,297
24	-0,110	0,255	-0,049	0,384
25	-0,233	0,081	-0,064	0,350
26	-0,148	0,187	0,029	0,431
27	-0,166	0,160	-0,173	0,150
28	-0,045	0,394	0,001	0,497
29	-0,026	0,438	0,027	0,436
30	-0,001	0,498	0,117	0,241
31	-0,032	0,424	-0,178	0,143
32	-0,071	0,335	0,098	0,278
33	-0,035	0,417	0,002	0,495
34	-0,027	0,436	-0,110	0,254
35	0,003	0,493	-0,001	0,497

Tabela 7A – Número de trabalhadores estimados para o mercado de trabalho formal

Formal					
Data	Observados	M1_F	M2_F	M3_F	M4_F
dez/15	56.234	56.202	56.202	56.202	56.202
jan/16	55.990	55.976	55.976	55.976	55.976
fev/16	55.597	55.588	55.588	55.588	55.588
mar/16	55.330	55.323	55.323	55.323	55.323
abr/16	55.136	55.131	55.131	55.131	55.131
mai/16	55.120	55.116	55.116	55.116	55.116
jun/16	55.108	55.104	55.104	55.104	55.104
jul/16	54.889	54.886	54.886	54.886	54.886
ago/16	54.915	54.912	54.912	54.912	54.912
set/16	54.751	54.749	54.749	54.749	54.749
out/16	54.758	54.756	54.756	54.756	54.756
nov/16	54.756	54.785	54.785	54.785	54.785
dez/16	54.488	54.688	54.688	54.688	54.688
jan/17	54.098	54.212	54.213	54.212	54.192
fev/17	53.762	53.616	53.647	53.615	53.631
mar/17	53.490	53.542	53.571	53.530	53.528
abr/17	53.473	53.288	53.243	53.293	53.319
mai/17	53.598	53.574	53.628	53.566	53.578
jun/17	53.822	53.666	53.566	53.673	53.701
jul/17	54.037	53.749	53.799	53.748	53.799
ago/17	54.112	54.332	54.244	54.330	54.321
set/17	54.075	53.951	53.847	53.978	54.000
out/17	54.233	54.165	54.256	54.160	54.184
nov/17	54.369	54.321	54.213	54.324	54.349
dez/17	54.491	54.182	54.220	54.186	54.244
jan/18	54.248	54.348	54.308	54.341	54.355
fev/18	53.938	53.982	53.866	54.002	53.932
mar/18	53.682	53.675	53.721	53.682	53.704
abr/18	53.603	53.674	53.635	53.675	53.585
mai/18	53.719	53.686	53.704	53.690	53.675
jun/18	54.041	53.942	53.955	53.937	53.865
jul/18	54.359	54.321	54.322	54.316	54.180
ago/18	54.468	54.495	54.462	54.497	54.620
set/18	54.492	54.447	54.435	54.452	54.406
out/18	54.541	54.688	54.693	54.687	54.656
nov/18	54.662	54.601	54.560	54.610	54.586
dez/18	54.622	54.782	54.862	54.775	54.623
jan/19	54.480	54.273	54.195	54.280	54.328
fev/19	54.469	54.248	54.389	54.232	54.272
mar/19	54.397	54.401	54.275	54.397	54.410
abr/19	54.618	54.418	54.412	54.431	54.475
mai/19	54.821	54.920	54.892	54.918	54.915
jun/19	54.899	55.180	55.088	55.196	55.148
jul/19	54.923	55.053	55.072	55.067	55.037
ago/19	54.867	54.857	54.918	54.851	54.856
set/19	54.995	54.802	54.852	54.790	54.763
out/19	55.265	55.122	55.154	55.108	55.187
nov/19	55.582	55.523	55.471	55.522	55.503
dez/19	55.816	55.656	55.627	55.662	55.747

Tabela 8A – Número de trabalhadores estimados para o mercado de trabalho informal

Informal					
Data	Observados	M1_F	M2_F	M3_F	M4_F
dez/15	35.566	35.545	35.545	35.545	35.530
jan/16	35.176	35.167	35.167	35.167	35.454
fev/16	35.106	35.100	35.100	35.100	34.944
mar/16	34.886	34.882	34.882	34.882	35.090
abr/16	35.078	35.075	35.075	35.075	34.754
mai/16	35.306	35.303	35.303	35.303	35.252
jun/16	35.271	35.268	35.268	35.268	35.421
jul/16	35.182	35.180	35.180	35.180	35.215
ago/16	34.814	34.812	34.812	34.812	35.102
set/16	34.682	34.681	34.681	34.681	34.562
out/16	34.729	34.728	34.728	34.728	34.631
nov/16	35.058	35.076	35.076	35.076	34.760
dez/16	35.383	35.506	35.506	35.506	35.223
jan/17	35.370	35.078	35.118	35.093	35.473
fev/17	35.207	35.537	35.486	35.517	35.385
mar/17	35.090	34.894	34.972	34.890	35.024
abr/17	35.400	35.364	35.195	35.220	35.153
mai/17	35.726	35.698	35.838	35.737	35.656
jun/17	36.050	35.749	35.799	35.738	35.857
jul/17	36.282	36.199	36.077	36.169	36.232
ago/17	36.597	36.103	36.268	36.131	36.304
set/17	36.877	36.907	36.890	36.836	36.842
out/17	36.970	37.150	37.207	37.163	37.073
nov/17	37.242	37.302	37.155	37.159	37.118
dez/17	37.280	37.528	37.429	37.396	37.487
jan/18	37.125	37.076	37.213	37.050	37.228
fev/18	36.834	36.889	36.779	36.854	36.945
mar/18	36.590	36.639	36.667	36.706	36.674
abr/18	36.826	36.823	36.883	36.852	36.553
mai/18	36.867	37.111	37.050	37.132	37.051
jun/18	36.901	37.002	37.006	37.038	36.933
jul/18	37.007	36.959	36.896	36.937	36.948
ago/18	37.322	37.258	37.292	37.296	37.195
set/18	37.841	37.610	37.707	37.682	37.547
out/18	38.077	38.096	38.064	38.135	38.128
nov/18	38.255	38.426	38.477	38.471	38.227
dez/18	38.114	38.219	38.161	38.174	38.278
jan/19	37.813	37.846	37.738	37.783	37.950
fev/19	37.411	37.437	37.514	37.432	37.578
mar/19	37.466	37.102	37.152	37.135	37.129
abr/19	37.748	37.914	37.841	37.934	37.667
mai/19	38.126	37.794	37.984	37.889	37.857
jun/19	38.444	38.389	38.209	38.297	38.346
jul/19	38.683	38.715	38.832	38.753	38.647
ago/19	38.762	39.068	39.107	39.012	38.868
set/19	38.806	39.111	38.933	39.048	38.909
out/19	38.791	38.739	38.644	38.659	38.811
nov/19	38.833	38.836	38.929	38.822	38.786
dez/19	38.735	38.616	38.735	38.725	38.800

Tabela 9A – Significância estatística dos coeficientes de correlação dos resíduos dos modelos no mercado de trabalho formal

Formal								
k	M1_F		M2_F		M3_F		M4_F	
	$\hat{\rho}_k$	P-valor	$\hat{\rho}_k$	P-valor	$\hat{\rho}_k$	P-valor	$\hat{\rho}_k$	P-valor
1	0,012	0,467	-0,052	0,358	0,065	0,325	-0,002	0,494
2	0,030	0,417	0,226	0,057	0,008	0,478	0,041	0,387
3	-0,007	0,480	-0,031	0,414	-0,051	0,361	-0,118	0,204
4	-0,497	0,000	-0,388	0,003	-0,503	0,000	-0,417	0,002
5	0,085	0,276	0,089	0,267	0,048	0,368	0,071	0,310
6	-0,126	0,189	-0,191	0,091	-0,108	0,225	-0,209	0,072
7	0,041	0,387	0,098	0,246	0,057	0,345	0,225	0,058
8	0,306	0,016	0,179	0,105	0,314	0,014	0,132	0,178
9	-0,066	0,322	-0,028	0,422	-0,048	0,368	0,074	0,302
10	-0,046	0,374	-0,054	0,353	-0,052	0,358	0,023	0,436
11	-0,061	0,335	-0,097	0,249	-0,079	0,290	-0,177	0,108
12	-0,301	0,018	-0,236	0,049	-0,306	0,016	-0,054	0,353
13	-0,003	0,492	-0,080	0,288	-0,004	0,489	-0,161	0,130
14	0,133	0,176	0,105	0,231	0,140	0,164	0,194	0,087
15	-0,048	0,368	-0,090	0,264	-0,018	0,450	0,014	0,461
16	0,218	0,064	0,175	0,110	0,217	0,064	0,102	0,238
17	-0,088	0,269	-0,079	0,290	-0,086	0,274	0,027	0,425
18	-0,194	0,087	-0,172	0,114	-0,199	0,082	-0,250	0,040
19	0,070	0,312	0,089	0,267	0,043	0,382	0,049	0,366
20	-0,198	0,083	-0,220	0,062	-0,182	0,101	-0,114	0,212
21	0,173	0,113	0,185	0,098	0,172	0,114	0,157	0,136
22	0,133	0,176	0,046	0,374	0,147	0,152	0,125	0,191
23	-0,035	0,403	0,013	0,464	-0,025	0,431	-0,056	0,348
24	0,081	0,285	0,072	0,307	0,064	0,327	-0,007	0,480
25	-0,183	0,100	-0,140	0,164	-0,186	0,096	-0,223	0,059
26	-0,050	0,363	-0,046	0,374	-0,061	0,335	-0,037	0,398
27	0,021	0,442	-0,001	0,497	0,016	0,455	-0,020	0,444
28	-0,079	0,290	-0,055	0,350	-0,072	0,307	-0,057	0,345
29	0,142	0,160	0,137	0,169	0,142	0,160	0,122	0,197
30	0,150	0,147	0,136	0,171	0,159	0,133	0,124	0,193
31	0,089	0,267	0,092	0,260	0,096	0,251	0,118	0,204
32	0,033	0,409	0,060	0,337	0,031	0,414	-0,008	0,478
33	-0,069	0,315	-0,046	0,374	-0,071	0,310	-0,070	0,312
34	-0,026	0,428	-0,021	0,442	-0,031	0,414	-0,035	0,403
35	-0,040	0,390	-0,054	0,353	-0,040	0,390	-0,031	0,414
36	-0,046	0,374	-0,055	0,350	-0,044	0,379	-0,021	0,442
37	-0,007	0,480	-0,011	0,469	-0,007	0,480	-0,001	0,497
38	0,001	0,497	-0,003	0,492	0,001	0,497	0,005	0,486
39	-0,001	0,497	0,000	0,500	-0,001	0,497	0,001	0,497
40	0,001	0,497	0,002	0,494	0,001	0,497	0,003	0,492
41	-0,006	0,483	-0,002	0,494	-0,006	0,483	-0,004	0,489
42	-0,012	0,467	-0,008	0,478	-0,013	0,464	-0,012	0,467
43	-0,012	0,467	-0,013	0,464	-0,013	0,464	-0,012	0,467
44	-0,009	0,475	-0,013	0,464	-0,009	0,475	-0,008	0,478
45	-0,004	0,489	-0,010	0,472	-0,003	0,492	-0,001	0,497
46	-0,002	0,494	-0,007	0,480	-0,002	0,494	-0,002	0,494
47	-0,002	0,494	-0,004	0,489	-0,001	0,497	0,000	0,500
48	0,001	0,497	0,000	0,500	0,001	0,497	0,000	0,500

Tabela 10A – Significância estatística dos coeficientes de correlação dos resíduos dos modelos no mercado de trabalho informal

Informal								
k	M1_F		M2_F		M3_F		M4_F	
	$\hat{\rho}_k$	P-valor	$\hat{\rho}_k$	P-valor	$\hat{\rho}_k$	P-valor	$\hat{\rho}_k$	P-valor
1	-0,053	0,355	-0,053	0,355	-0,061	0,335	-0,002	0,494
2	0,195	0,086	-0,052	0,358	0,122	0,197	0,111	0,219
3	-0,151	0,145	0,092	0,260	0,020	0,444	-0,285	0,023
4	-0,353	0,007	-0,226	0,057	-0,230	0,054	-0,306	0,016
5	0,102	0,238	0,040	0,390	0,222	0,060	0,063	0,330
6	-0,218	0,064	-0,157	0,136	-0,225	0,058	-0,113	0,214
7	0,136	0,171	0,043	0,382	0,054	0,353	0,181	0,103
8	0,070	0,312	0,070	0,312	0,077	0,295	0,059	0,340
9	-0,114	0,212	-0,156	0,137	-0,203	0,078	-0,087	0,271
10	-0,006	0,483	0,000	0,500	-0,004	0,489	-0,116	0,208
11	-0,162	0,128	-0,099	0,244	-0,171	0,116	0,049	0,366
12	-0,092	0,260	-0,127	0,187	-0,149	0,148	0,036	0,401
13	0,079	0,290	0,105	0,231	0,062	0,332	0,010	0,472
14	0,025	0,431	-0,007	0,480	-0,054	0,353	-0,044	0,379
15	0,064	0,327	0,041	0,387	0,036	0,401	-0,176	0,109
16	0,020	0,444	0,034	0,406	0,043	0,382	0,117	0,206
17	-0,143	0,158	-0,149	0,148	-0,124	0,193	-0,118	0,204
18	0,011	0,469	0,062	0,332	0,090	0,264	-0,051	0,361
19	0,013	0,464	0,051	0,361	0,000	0,500	0,033	0,409
20	0,011	0,469	0,000	0,500	-0,055	0,350	-0,163	0,127
21	0,261	0,034	0,167	0,121	0,209	0,072	0,223	0,059
22	0,030	0,417	0,040	0,390	0,003	0,492	0,032	0,411
23	0,117	0,206	0,145	0,155	0,134	0,174	0,210	0,071
24	-0,061	0,335	-0,068	0,317	-0,052	0,358	0,136	0,171
25	-0,250	0,040	-0,248	0,041	-0,225	0,058	-0,224	0,058
26	0,085	0,276	0,126	0,189	0,146	0,153	-0,034	0,406
27	-0,222	0,060	-0,096	0,251	-0,175	0,110	-0,176	0,109
28	0,101	0,240	-0,080	0,288	0,016	0,455	0,085	0,276
29	-0,058	0,342	-0,025	0,431	-0,051	0,361	0,107	0,227
30	0,040	0,390	0,049	0,366	0,008	0,478	0,096	0,251
31	0,022	0,439	-0,035	0,403	0,034	0,406	0,035	0,403
32	-0,046	0,374	-0,035	0,403	-0,059	0,340	-0,100	0,242
33	0,064	0,327	0,084	0,278	0,061	0,335	-0,125	0,191
34	-0,030	0,417	-0,038	0,395	-0,008	0,478	-0,091	0,262
35	0,023	0,436	0,005	0,486	-0,003	0,492	0,077	0,295
36	-0,011	0,469	0,002	0,494	0,000	0,500	-0,016	0,455
37	-0,001	0,497	0,002	0,494	0,001	0,497	0,134	0,174
38	0,001	0,497	0,000	0,500	0,001	0,497	-0,062	0,332
39	0,004	0,489	0,005	0,486	0,004	0,489	0,009	0,475
40	-0,001	0,497	-0,001	0,497	0,000	0,500	-0,056	0,348
41	0,004	0,489	0,003	0,492	0,004	0,489	-0,020	0,444
42	0,000	0,500	0,002	0,494	0,003	0,492	0,008	0,478
43	-0,002	0,494	-0,005	0,486	0,000	0,500	0,027	0,425
44	-0,005	0,486	-0,006	0,483	-0,002	0,494	-0,001	0,497
45	-0,004	0,489	-0,002	0,494	-0,002	0,494	0,026	0,428
46	0,001	0,497	0,002	0,494	0,001	0,497	-0,015	0,458
47	0,000	0,500	-0,002	0,494	0,000	0,500	0,020	0,444
48	0,001	0,497	0,000	0,500	0,000	0,500	-0,001	0,497

Anexo 1 – Definições das variáveis do mercado de trabalho segundo IBGE

Quadro 1A – Definições das variáveis do mercado de trabalho por posição e por categoria segundo o IBGE

<p>Ocupados - pessoas que exercem trabalho com ou sem remuneração, durante pelo menos uma hora completa na semana de referência ou que tinham trabalho remunerado do qual estavam temporariamente afastadas nessa semana.</p>
<p>Empregado – pessoa que trabalha para um empregador, (pessoa física ou jurídica), geralmente obrigando-se ao cumprimento de uma jornada de trabalho e recebendo em contrapartida uma remuneração.</p>
<p>Empregador – pessoa que trabalha explorando o seu próprio empreendimento, tendo pelo menos um empregado e contando, ou não, com ajuda de trabalhador não remunerado membro da unidade domiciliar.</p>
<p>Conta própria – pessoa que trabalha explorando o seu próprio empreendimento, sozinha ou com sócio, sem ter empregado e contando, ou não, com ajuda de trabalhador não remunerado membro da unidade domiciliar</p>
<p>Trabalhador familiar auxiliar (TFA) – trabalhador não remunerado membro da unidade domiciliar.</p>
<p>Trabalhadores com carteira de trabalho assinada – englobam os contribuintes da Previdência Social, os quais são providos dos seguintes direitos: aposentadoria, seguro desemprego, auxílio doença, licença maternidade/paternidade, 13º salário, vale-transporte e férias remuneradas.</p>
<p>Trabalhadores com CNPJ – corresponde aos profissionais autônomos (empregadores ou trabalhadores por conta própria) cadastrados no Portal do Empreendedor, contribuintes do imposto denominado Simples Nacional para a concessão do CNPJ, o que lhes conferem direitos como aposentadoria por idade ou invalidez, auxílio-doença e salário maternidade, etc. Os empreendimentos devem ter um faturamento de até R\$ 81.000,00 por ano e no máximo um funcionário. Os empreendedores nessa categoria são denominados microempreendedores individuais (MEI).</p>

Fonte: PNADC, IBGE - 2019.